

Řízení osvětlovacích soustav venkovního osvětlení na hladiny potřebné pro kamerové systémy

Control of outdoor lighting systems to levels needed for CCTV

Bc. Štěpán Kostka

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ostrava, 2021

Prohlášení

Potvrzuji tímto, odevzdání své digitální kvalifikační práce. Prohlašuji, že jsem tuto kvalifikační práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá řízením osvětlovací soustavy venkovního osvětlení rozvodny P společnosti ČEPS, a.s. v závislosti na kvalitě výstupu z bezpečnostních kamer.

V první kapitole teoretické části práce jsou podrobně rozebrány jednotlivé typy venkovního osvětlení a technologie řízení osvětlovacích soustav. Druhá kapitola je zaměřená na technologii použitých kamer a kamerových systému. V poslední kapitole teoretické části jsou porovnány spektrální charakteristiky světelných zdrojů se spektrální citlivostí snímacích čipů kamerových systémů.

Cílem praktické části práce je analyzovat změny kvality záznamu z kamerových systémů při regulaci osvětlenosti hlídacího osvětlení. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou porovnány z ekonomického i světelně-technického hlediska a následně jsou vyhodnoceny. Na základě výsledků je doporučena ideální hladina osvětlenosti pro provoz v ideálních podmínkách a také chování osvětlovací soustavy při zhoršených rozptylových podmínkách.

Klíčová slova

Venkovní osvětlení, řízení osvětlenosti, bezpečnostní kamery, kamerová osvětlenost, úspory elektrické energie.

Abstract

This dissertation deals with the control of the lighting system of the outdoor lighting of the substation P at ČEPS, a. s. company depending on the quality of the output from CCTV camera system.

The first chapter of the theoretical part analyses in detail individual types of the outdoor lighting and lighting control technology. The second chapter is focused on the technology of the used cameras and camera system. The last chapter compares the spectral characteristics of light sources and the sensitivity of sensor chips of camera systems.

The aim of the practical part of the work is to analyze changes in the quality of recording from camera systems in the regulation of surveillance lighting. The measured and calculated values are compared from an economic and lighting point of view and then evaluated. Based on the results, the ideal illuminance level is recommended for operation in ideal conditions and the behavior of the lighting system under degraded scattering conditions.

Key words

Outdoor lighting, Control of an artificial lighting system, CCTV, camera lighting, Energy savings.

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Tomášovi Novákovi, Ph.D. za cenné připomínky a ochotu pomoci při vypracovávání práce. Zvláštní poděkování patří také firmě ČEPS, a.s. za poskytnutí dat pro vypracování praktické části.

Mimořádné poděkování patří celé mé rodině za finanční a morální podporu po celou dobu trvání studia. Za jazykovou korekci, finální úpravy textu a podporu v těžkých chvílích děkuji mé partnerce Martině Pfefferové. Děkuji také všem zaměstnancům společnosti ČEPS, a.s., kteří se účastnili měření v době vlastního volna.

Obsah

1. Úvod	10
2. Řízení osvětlovacích soustav venkovního osvětlení	11
2.1. Venkovní osvětlení	11
2.1.1. Osvětlení venkovních pracovních prostor	11
3. Parametry kamer a kamerových systémů použitých v ČEPS	17
3.1. Hlavní parametry kamer	17
3.1.1. Rozlišení	17
3.1.2. Snímková frekvence	17
3.1.3. Světelná citlivost	18
3.1.4. Technologie obrazového snímače	19
3.2. Základní konstrukční provedení bezpečnostních kamer	20
3.3. Hlavní parametry kamerových systémů	22
3.3.1. Definice kamerového systému	22
3.3.2. Rozdělení kamerových systémů podle zpracování obrazu	22
3.4. Kamery a kamerové systémy používané společností ČEPS, a.s.	26
3.4.1. Požadavky na kamery a kamerové systémy kladené technickou normou TN/67/2020 ..	26
4. Porovnání a optimalizace citlivostí kamerových systémů a systémů hlídacního osvětlení	30
4.1. Spektrální vyzařování Světelných diod	30
4.2. Spektrální citlivost čipů	30
4.3. Porovnání spektrálního vyzařování LED se spektrální citlivostí snímacího čipu	31
5. Měření a vyhodnocení stmívání osvětlovací soustavy hlídacního osvětlení ve vazbě na vybuzení a dostatečnou rozlišitelnost výstupů z kamer	33
5.1. Úvod měření	33
5.2. Popis hlídané scény	33
5.3. Postup měření:	34
5.4. Výsledky měření	35
5.5. Vyhodnocení výsledků měření:	44
5.6. Energetické srovnání regulované a neregulované osvětlovací soustavy	49
6. Doporučení pro nastavení řízení hlídacního osvětlení na základě vyhodnocení informací získaných z kamerového systému	50
7. Závěr	51

Seznam použitých symbolů a zkratek

I	Proud (A)
U	Napětí (V)
P	Příkon (W)
E	Osvětlenost (lx)
T	Teplota chromatičnosti/Náhradní teplota chromatičnosti (K)
f	Frekvence (Hz)
ρ	Odraznost (-)
CCTV	Kamerový systém
TFSO	Technický systém fyzické ochrany
IR	Infračervená
ZAP	Zapnuto
VYP	Vypnuto
PN	Polovodičový přechod

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Voltampérové charakteristiky světelných diod různých barev [6]	13
Obrázek 2: Vlevo: Závislost násobku jmenovitého sv. toku na proudu I_F . Vpravo Závislost proudu I_F na úbytku napětí U_F [7]	13
Obrázek 3 Příklad PWM regulace jasu na 50 % [7].....	14
Obrázek 4 Princip činnosti čítače při regulaci jasu na 50 % [7].....	14
Obrázek 5 Základní zapojení analogového řízení 1–10 V [10].....	14
Obrázek 6: Základní zapojení stmívání DALI [10].....	16
Obrázek 7: Základní zapojení stmívání DSI [10].....	16
Obrázek 8 Příklad obrazu snímaného v různých rozlišeních [36].....	17
Obrázek 9 Obraz snímaný kamerou v nočním a denním režimu [20].....	18
Obrázek 10: Struktura a princip čipů CCD a CMOS [23].....	19
Obrázek 11: Standartní kamera [25].....	20
Obrázek 12: Kompaktní kamera [26].....	20
Obrázek 13: Dome kamera [26].....	20
Obrázek 14: Otočná kamera [G].....	21
Obrázek 15: Bezdrátová kamera [28].....	21
Obrázek 16: Princip fungování analogového kamerového systému [29].....	22
Obrázek 17: Princip fungování kamerového systému HD-CVI [29]	23
Obrázek 18: Princip fungování kamerového systému IP [29].....	24
Obrázek 19: Počítání osob pomocí kamery v prodejně potravin [33]	25
Obrázek 20: Teplotní mapa pohybu osob v prodejně potravin [33].....	25
Obrázek 21: kamera Siqua HSD820V2H3-E [35]	27
Obrázek 22: Záznamový server G-ST 8000+ [38].....	28
Obrázek 23: G-View Station [39].....	29
Obrázek 24 Příklad různých odstínů světla v závislosti na teplotě chromatičnosti T_c světelných zdrojů [42]	30
Obrázek 25 (a) Konstrukční provedení Světelné diody (b) Rozdělení primárního a sekundárního záření diody [43]	30
Obrázek 26 Příklad spektrální citlivost CCD a CMOS čipu [17].....	30
Obrázek 27 Spektrální charakteristiky barevného a černobílého snímače CMOS ½.8” Progressive scan [44]	31
Obrázek 28 Spektrální vyzařování LED s náhradní teplotou chromatičnosti T_C 3000 K, 4000 K a 5000 K [44]	31
Obrázek 29 Výsledné přenosové funkce pro barevný čip a LED s náhradní teplotou chromatičnosti $T_C = 3000$ K, 4000 K a 5000 K [44].....	32
Obrázek 30 Výsledné přenosové funkce pro černobílý čip a LED s náhradní teplotou chromatičnosti $T_C = 3000$ K, 4000 K a 5000 K [44].....	32
Obrázek 31 Areál rozvodny P s vyznačenými referenčními úseky.....	33
Obrázek 32 Snímky z bezpečnostních kamer s vyznačenými referenčními úseky. Levý snímek KO 8, pravý KO 10.	33
Obrázek 33 Snímky z kamery KO 8 při 100 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	35
Obrázek 34 Snímky z kamery KO 10 při 100 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	35
Obrázek 35 Snímky z kamer při zhaslé osvětlovací soustavě. Levý snímek KO 8, pravý snímek KO 10.....	36
Obrázek 36 Snímky z kamery KO 8 při 72 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	37

Obrázek 37 Snímky z kamery KO 10 při 72 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	37
Obrázek 38 Snímky z kamery KO 8 při 50,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	38
Obrázek 39 Snímky z kamery KO 10 při 50,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	38
Obrázek 40 Snímky z kamery KO 8 při 35,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	39
Obrázek 41 Snímky z kamery KO 10 při 35,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	39
Obrázek 42 Snímky z kamery KO 8 při 24,8 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	40
Obrázek 43 Snímky z kamery KO 10 při 24,8 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	40
Obrázek 44 Snímky z kamery KO 8 při 17,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	41
Obrázek 45 Snímky z kamery KO 10 při 17,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	41
Obrázek 46 Snímky z kamery KO 8 při 12,2 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	42
Obrázek 47 Snímky z kamery KO 10 při 12,2 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	42
Obrázek 48 Snímky z kamery KO 8 při 10,1 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	43
Obrázek 49 Snímky z kamery KO 10 při 10,1 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.....	43
Obrázek 50 Vyznačení porovnávaných částí scény kamery KO 10.....	45
Obrázek 51 Výběr porovnávaných detailů bližší části perimetru.....	46
Obrázek 52 Porovnání kvality snímků bližší části plotu při regulaci dolů. Zleva 100 %, 50 %, 35 %, 25 %, 17 %, 10 %.....	46
Obrázek 53 Porovnání kvality snímků bližší části plotu při regulaci nahoru. Zleva 100 %, 50 %, 35 %, 25 %, 17 %, 10 %.....	46
Obrázek 54 Výběr porovnávaných detailů vzdálenější části plotu.....	47
Obrázek 55 Porovnání kvality snímků vzdálenější části plotu při regulaci dolů. První řada zleva 100 %, 50 %, 35 %. Druhá řada zleva 25 %, 17 %, 10 %.....	47
Obrázek 56 Porovnání kvality snímků vzdálenější části plotu při regulaci nahoru. První řada zleva 100 %, 50 %, 35 %. Druhá řada zleva 25 %, 17 %, 10 %.....	47

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Rozsah regulace pro různé druhy světelných zdrojů používaných ve venkovním osvětlení [1]	12
Tabulka 2: Běžně používané rozlišení [13]	17
Tabulka 3: Běžně používané snímkové frekvence pro pořizování videa [15]	17
Tabulka 4: Orientační hodnoty osvětlení za daných podmínek [17]	18
Tabulka 5: Maximální délky kabelů systému HD-CTV v závislosti na rozlišení a použitém kabelu [31]	23
Tabulka 6: Srovnání jednotlivých technologií [29]	24
Tabulka 7: Popis základních analytických funkcí [33]	25
Tabulka 8: Základní technické parametry kamery Siqua HSD820V2H3-E [35]	27
Tabulka 9: Základní technické parametry záznamového serveru G-ST 8000+ [38]	28
Tabulka 10: Základní technické parametry stanice G-View Station [40]	29
Tabulka 11: Přenosové funkce pro barevný a černobílý čip v závislosti na náhradních teplotách chromatičnosti [44]	32
Tabulka 12: Počasí během měření	34
Tabulka 13: Vybrané hodnoty stmívání	34
Tabulka 14: Normativní požadavky na hlídací osvětlení v rozvodnách [3]	34
Tabulka 15: Normativní požadavky na kamerovou osvětlenost [3]	34
Tabulka 16: Vypočtená udržovaná osvětlenost referenčních úseků E_{HM}	35
Tabulka 17: Vypočtená počáteční osvětlenost E_{H0} referenčních úseků	35
Tabulka 18: Vypočtené počáteční kamerové osvětlenosti E_{K0}	36
Tabulka 19: Minimální a průměrné osvětlenosti při 100 %	36
Tabulka 20: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 72 %	37
Tabulka 21: Minimální a průměrné osvětlenosti při 72 %	37
Tabulka 22: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 50,5 %	38
Tabulka 23: Minimální a průměrné osvětlenosti při 50,5 %	38
Tabulka 24: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 35,5 %	39
Tabulka 25: Minimální a průměrné osvětlenosti při 35,5 %	39
Tabulka 26: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 24,8 %	40
Tabulka 27: Minimální a průměrné osvětlenosti při 24,8 %	40
Tabulka 28: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 17,5 %	41
Tabulka 29: Minimální a průměrné osvětlenosti při 17,5 %	41
Tabulka 30: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 12,2 %	42
Tabulka 31: Minimální a průměrné osvětlenosti při 12,5 %	42
Tabulka 32: Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 10,1 %	43
Tabulka 33: Minimální a průměrné osvětlenosti při 10,1 %	43

1. Úvod

Společnost ČEPS, a. s. je na území České republiky jediným provozovatelem přenosové soustavy. Vlastní 44 rozvodn se 79 transformátory. Tyto elektroenergetické objekty jsou součástí kritické infrastruktury České republiky, proto se klade velký důraz na zabezpečení všech objektů před případným neoprávněným vniknutím cizích osob. Dříve měly rozvodny vlastní obsluhu, která dohlížela na bezpečnost a správný chod celé stanice, ale s rostoucím počtem rozvodn společnost ČEPS, a. s. postupně přešla na nepřetržitý dálkový dohled z technického dohledového centra. Pro dohled jsou využívány dálkově ovládané kamerové systémy CCTV, jejichž minimální parametry jsou udávány technickou normou TN/67/2020.

Přes den zajišťuje dostatečnou osvětlenost všech venkovních částí rozvodny Slunce. Se západem Slunce však nastává potřeba osvětlovat hlídané plochy umělým osvětlením. Osvětlovací soustavy venkovního hlídání osvětlení vytvořené v minulosti byly konstruovány pro zajištění dostatečné osvětlenosti z pohledu člověka. S příchodem dálkového dohledu se však ukázalo, že tyto osvětlovací soustavy jsou z pohledu kamerové osvětlenosti nedostatečné. Aby se tomu předcházelo, nové osvětlovací soustavy jsou již navrhovány podle technické normy TN/59/2020, která definuje jak minimální horizontální, tak minimální kamerovou osvětlenost snímaného úseku.

Každá venkovní osvětlovací soustava však neosvětluje pouze určenou plochu. Část světelného toku se vyzáří také do horního poloprostoru (přímo nebo nepřímě). S rostoucím počtem venkovním osvětlovacích soustav tak roste i množství světelného toku vyzářeného do horního poloprostoru. Vyzářování svítidel do horního poloprostoru je obecně nežádoucí. Pro člověka může působit rušivě nebo oslnivě a má negativní enviromentální dopady. V zájmu společnosti by proto měla být snaha o snížení vyzářování do horního poloprostoru na minimum.

S postupným zdokonalováním technologií kamerových snímačů a příchodem regulovatelných svítidel s plochou vyzářovací charakteristikou vnikl potenciál pro snižování hladiny osvětlenosti při zachování dostatečných rozpoznávacích funkcí kamery. Tuto hladinu osvětlenosti však nejde jednoznačně stanovit, jelikož je závislá na aktuálních rozptylových podmínkách. Proto je nutné tuto hladinu stanovit podle aktuálního počasí. Tato diplomová práce se zabývá metodou řízení hladiny osvětlenosti na základě porovnávání a vyhodnocení aktuálních výstupů z kamery.

V první kapitole teoretické části jsou podrobně rozděleny jednotlivé části venkovního osvětlení rozvodn společnosti ČEPS, a. s. Dále jsou v této části rozebrány jednotlivé varianty řízení osvětlovacích soustav. Druhá kapitola teoretické části je zaměřená na rozbor jednotlivých parametrů kamer a kamerových systémů používaných společností ČEPS, a. s. V poslední kapitole teoretické části jsou porovnány spektrální charakteristiky vyzářování světelných zdrojů se spektrálními charakteristikami citlivosti jednotlivých technologií snímacích čipů bezpečnostních kamer.

Praktická část je rozdělena do dvou kapitol. Úkolem měření v první kapitole praktické části bylo pořizování snímků ze záznamů bezpečnostních kamer umístěné v rozvodně P. Snímky byly pořizovány pro předem vybrané hladiny osvětlenosti. Tyto snímky jsou následně v práci analyzovány. Na snímcích jsou vybrány kritické detaily, podle kterých lze hodnotit míru ostroty daných snímků. Detailní analýzou pořízených snímků je určena minimální hladina osvětlenosti, která je potřebná pro dostatečné zaostření kamery na vybrané kritické detaily. Na základě pořízených snímků a zjištěných výsledků jsou v druhé kapitole praktické části doporučeny postupy pro nastavení řízení dané osvětlovací soustavy.

2. Řízení osvětlovacích soustav venkovního osvětlení

2.1. Venkovní osvětlení

Jako venkovní osvětlení lze označit každou osvětlovací soustavu, která se nachází ve venkovních prostorech. Venkovní osvětlení můžeme rozdělit podle aplikace do následujících oblastí:

- veřejné osvětlení,
- architektonické a reklamní osvětlení,
- osvětlení venkovních sportovišť,
- osvětlení venkovních pracovních prostor. [1]

Pro účely této práce se budu zabývat pouze osvětlením venkovních pracovních prostor.

2.1.1. Osvětlení venkovních pracovních prostor

Pod tímto pojmem se rozumí soubor osvětlovacích soustav sloužících k osvětlování venkovních pracovních prostor. Pro tyto účely byla vytvořena norma ČSN EN 12464-2 (*Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory*). V normě jsou shrnuty obecné požadavky na venkovní osvětlení různých typů pracovišť. Z této normy vychází také interní technická norma společnosti ČEPS, a.s. TN/59/2020, která udává konkrétní požadavky na vnitřní a venkovní osvětlovací soustavy používané v rozvodnách přenosové soustavy.

V rozvodnách jsou instalovány tyto typy venkovního osvětlení

- hlídací osvětlení,
- provozní osvětlení (+ přídatné osvětlení),
- osvětlení komunikací.

Většina přenosových stanic společnosti ČEPS, a. s. jsou stanice se vzdáleným přístupem. To znamená, že za běžných provozních podmínek se ve stanici nikdo nenachází. Tím pádem je také vypnuto osvětlení komunikací a provozní osvětlení. Jediným osvětlením, které svítí za běžných podmínek nepřetržitě celou noc, je hlídací osvětlení. Úkolem tohoto osvětlení je zajistit dostatečnou hladinu osvětlenosti pro správnou funkčnost kamerových systémů. Pod hlídací osvětlení spadá osvětlení perimetru, provozního oplocení, vjezdu do objektu a vstupu do budov.

Z ekonomického hlediska se vyplatí regulovat hladiny osvětlenosti pouze u osvětlovacích soustav hlídacího osvětlení. Ostatní typy osvětlení jsou v provozu jen velice zřídka, tím pádem by jejich řízení nedávalo smysl. [2] [3]

Řízení

Osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení svítí více než 4000 hodin ročně, což má za následek velkou spotřebu elektrické energie. Vlivem stárnutí světelného zdroje a znečištění svítidla dochází v průběhu životnosti k ubytkům vyzařovaného světelného toku. S touto skutečností se počítá již při samotném návrhu osvětlovací soustavy volbou správného udržovacího činitele, který zajistí dostatečnou hladinu osvětlenosti i na konci životnosti osvětlovací soustavy. Z toho důvodu je osvětlovací soustava na začátku životnosti dimenzovaná na větší světelný tok, než je potřeba. Při efektivním využití řízení osvětlovacích soustav je možné docílit snížení spotřeby elektrické energie při zachování požadované hladiny osvětlenosti pro vykonávání potřebné činnosti. Energetická úspora systému nesmí být nikdy upřednostňována nad světelné požadavky pro řádné vykonávání dané činnosti. Efektivním řízením je

možné také prodloužit dobu života světelného zdroje a snížit míru světelného znečištění osvětlovací soustavy.

Řízení lze rozdělit na:

- ovládání,
- regulaci. [1] [4]

Ovládání

Jde se o nejjednodušší, nejlevnější a nejstarší princip řízení osvětlovacích soustav. Celá soustava je rozdělená na více okruhů s nezávislými napáječi. Celková osvětlenost se řídí spínáním jednotlivých okruhů. Ovládání je realizováno za pomoci klasických vypínačů. Je však nutné zachovat potřebnou rovnoměrnost a intenzitu osvětlení. Spínat jednotlivé okruhy je možné ručně (místní ovládání) nebo automaticky podle předem definovaných podmínek (dálkové ovládání), přičemž ruční ovládání je vždy nadřazeno ovládání automatickému. Rozsah řízení je závislý na počtu použitých okruhu. Obvykle lze osvětlovací soustavy nastavit na hodnoty 0 %, 50 % a 100 % světelného toku. [1]

Regulace

Pokročilejší formou řízení osvětlovacích soustav je regulace vyzařovaného světelného toku. Podle druhu použitého stmívače a předřadného přístroje může být regulace skoková nebo plynulá. Stmívače mohou být řízeny analogově nebo digitálně. Rozsah regulace je závislý na použitém světelném zdroji. [1]

Tabulka 1: Rozsah regulace pro různé druhy světelných zdrojů používaných ve venkovním osvětlení [1]

Světelný zdroj	Rozsah regulace (%)
Metalhalogenidové výbojky	Neregulovatelné
Vysokotlaké sodíkové výbojky	50-100
Světelné diody LED	0-100

V této práci se budu zabývat pouze regulací jasu světelných diod. Světelné diody jsou totiž nejmodernější, nejúčinnější a nejuniverzálnější světelné zdroje používané ve venkovním osvětlení.

Regulace jasu světelných diod

Světelná dioda je elektronický polovodičový prvek, který při průchodu proudu v propustném směru emituje elektromagnetické záření. Světelné diody nejčastěji vyzařují v oblasti viditelného světla, eventuálně také v ultrafialové nebo infračervené oblasti. Výsledné pásmo vyzařovaných vlnových délek je závislé na prahovém napětí diody, které se liší podle materiálu použitého polovodiče. [1], [5]

$$e \cdot U_P = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

e – náboj elektronu (C)

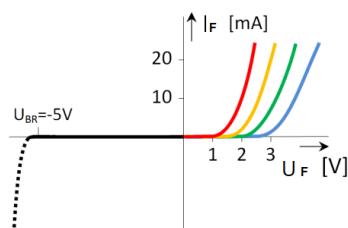
U_P – prahové napětí (V)

h – Planckova konstanta (J·s), $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J·s

f – frekvence emitovaného záření (Hz)

c – rychlost světla ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), $c = 3 \cdot 10^8$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

λ – vlnová délka emitovaného záření (m) [5]



Obrázek 1 Voltampérové charakteristiky světelných diod různých barev [6]

Světelný tok vyzářený světelnou diodou je úměrný velikosti proudu protékajícího diodou v propustném směru. Viz obr. 2. Z důvodu velké vodivosti otevřeného PN přechodu je nutné diodě předřadit sériový odpor, který reguluje velikost protékajícího proudu.

$$I_F = \frac{U_0 - U_F}{R} \quad (2)$$

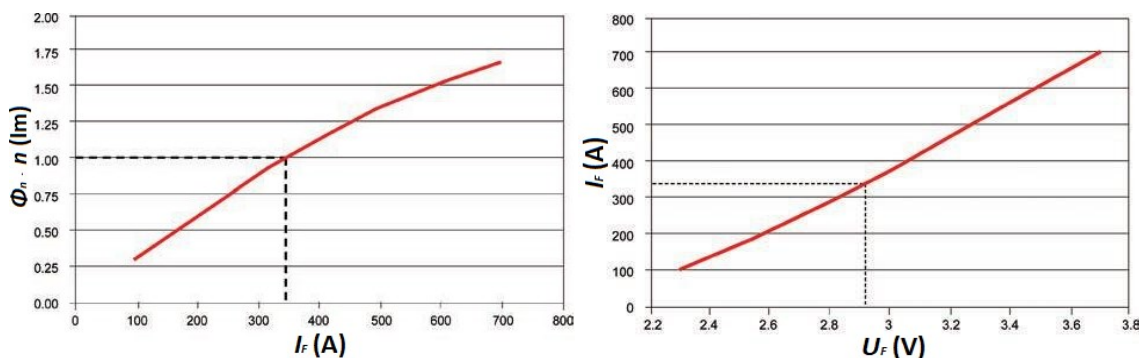
I_F – Proud diodou v propustném směru (A)

U_0 – Napětí zdroje (V)

U_F – Úbytek napětí diody v propustném směru (V)

R – Předřadný odpor (R) [6]

Ze vzorce 2 vyplývá, že velikost proud I_F lze regulovat změnou předřadného odporu R nebo velikostí napětí zdroje U_0 . Problémem obou těchto regulací je teplotní závislost diody. Velikost úbytku napětí U_F se zvyšuje se vzrůstající teplotou PN přechodu. Z toho vyplývá, že při napájení konstantním napětím a rostoucí teplotou PN přechodu dochází k nežádoucímu snížení proudu I_F . V některých aplikacích je možno určit úbytek napětí U_F výpočtem z teploty PN přechodu. Aktuální teplotu PN přechodu lze sledovat teplotními čidly. Lepším řešením je použití zdroje s aktivní regulací protékajícího proudu. [6] [7] [8]



Obrázek 2: Vlevo: Závislost násobku jmenovitého sv. toku na proudu I_F . Vpravo Závislost proudu I_F na úbytku napětí U_F [7]

Při regulaci změnou velikostí proudu I_F nedochází pouze k změně jasu diody, ale také k posunutí maximální vlnové délky primárního záření diody. Tento posun zapříčiní mírnou změnu barvy světla, která může být v některých aplikacích nepříjemná. [6] [7] [8]

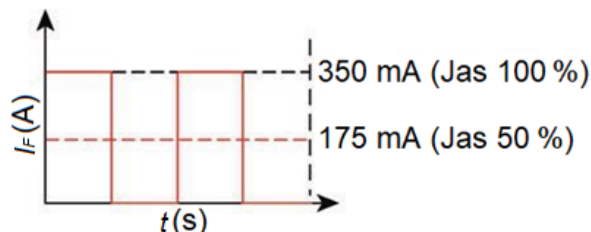
Regulaci jasu bez změny barvy světla lze docílit použitím pulzního zdroje proudu. V tomto případě je světelná dioda napájena periodickými obdélníkovými impulzy konstantního proudu. Poměr doby zapnutí a diody a periody signálu se nazývá střída. Hodnota střidy určuje střední příkon diody a taky výsledný vnímaný jas. Díky setrvačnosti oka mozek tyto impulzy vyhodnotí jako nepřerušovaný světelný tok s nižším jasnem, než jakým dioda opravdu bliká. Na tomto principu je založená metoda řízení jasu pulzně šířkovou modulací PWM (Pulse Width Modulation). Kmitočet PWM signálu se většinou pohybuje mezi 600 až 1500 Hz. Úroveň jasu lze regulovat od 0 % do 100 %. Výsledný počet nastavitelných hodnot jasu je závislý na maximální hodnotě čítače. Napájecí zdroj se vždy dimenzuje na maximální možný příkon obvodu, jako kdyby vůbec regulovaný nebyl. [6] [7] [8]

$$s = \frac{t_z}{T} \quad (3)$$

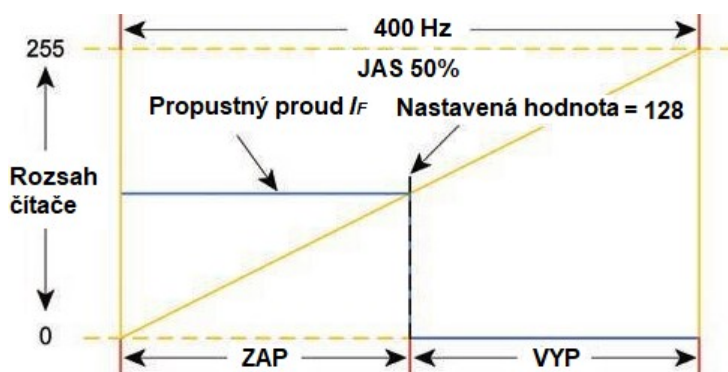
s – střída (-)

t_z – doba zapnutí (s)

T – perioda signálu (s) [9]



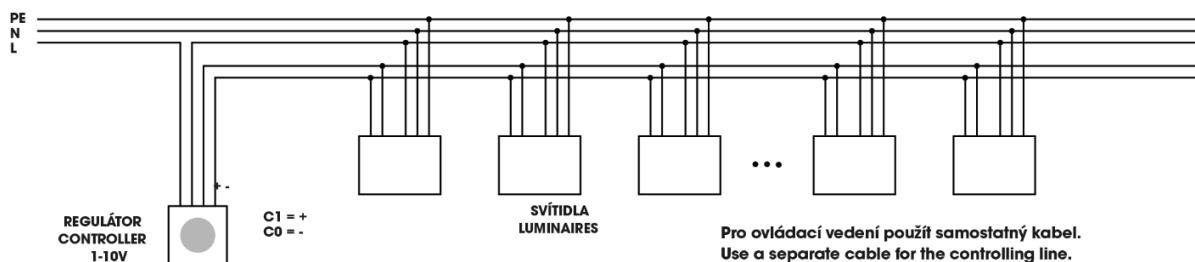
Obrázek 3 Příklad PWM regulace jasu na 50 % [7]



Obrázek 4 Princip činnosti čítače při regulaci jasu na 50 % [7]

Analogové řízení

Elektronické předřadníky jsou řízeny úrovní napětí stejnosměrného analogového řídicího signálu. Řídicí napětí je v rozsahu 1-10 V (V některých aplikacích 0-10 V), kdy 1 V označuje vypnutý stav a 10 V jmenovitý výkon. Signál je přiveden z regulátoru do předřadníku pomocí dvou vodičového vedení, které je galvanicky odděleno od přívodního. Napětí je v předřadníku měřeno na zátěži 20 kV. Nevýhoda analogového řízení je úbytek napětí, který vzniká při vedení řídicího signálu na delší vzdálenost. Ke vzdálenějším svítidlům se tak dostane signál s nižší hladinou napětí, než je na začátku. Další nevýhodou je velká náchylnost na rušení řídicího signálu během provozu. Proto se tato metoda řízení hodí spíše pro aplikace s menším počtem světelných bodů a malou přenosovou délkou signálu. Pro řízení může být použit manuální regulátor nebo světelný senzor pro automatickou regulaci. [1] [11] [12]



Obrázek 5 Základní zapojení analogového řízení 1–10 V [10]

Digitální řízení

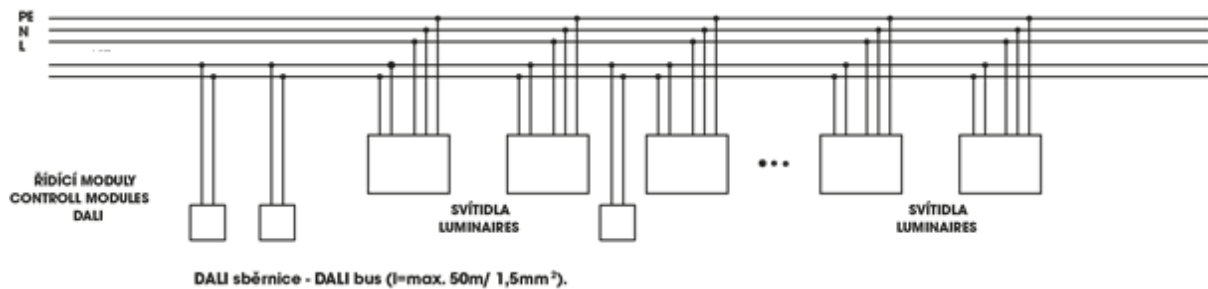
Jedná se o modernější typ řízení osvětlení. V tomto případě je přenášený řídicí signál v digitální podobě, což řeší mnohé nedostatky analogového přenosu. Jednotlivá zařízení (předřadníky, řídicí systémy, spínače, světelné a pohybové senzory atd.) jsou propojena sběrnici. Komunikace probíhá pomocí digitálních telegramů. Tento typ komunikace umožňuje oboustranný datový přenos a je méně náchylný na rušení. Při skupinovém digitálním řízení se ke všem předřadníkům dostane stejný řídicí signál. Díky tomu jsou všechny světelné zdroje nastaveny na stejný světelný tok. [1]

DALI

Digital Addressable Lighting Interface (DALI) je digitální protokol pro řízení osvětlovacích soustav, který vznikl roku 2001 a je standardizován mezinárodní elektrotechnickou normou IEC. Jde o otevřené rozhraní, které zaručuje vzájemnou kompatibilitu komponentů od různých výrobců. Každé zařízení má svou vlastní adresu, díky které je možné využít jak, samostatnou tak skupinovou regulaci svítidel. Osvětlovací soustavy s řízením DALI je také možné integrovat do nadřazených řídicích systému. Díky své flexibilitě nachází DALI uplatnění jak v interiérových, tak ve venkovních osvětlovacích soustavách. [1] [11] [12]

Vlastnosti DALI

- Možnost připojení maximálně 64 individuálních adres na jedné sběrnici, 16 skupinových adres a 16 světelných scén.
- Maximální délka vedení je omezená na 300 m nebo poklesem napětí, které by nemělo překročit 2 V.
- Standartní úroveň napětí na sběrnici je 16 V.
- Úroveň logické 1 odpovídá napětí 16 V. Tolerance napětí je 9,5 V až 22,5 V. Pro logickou 0 je napětí 0 V, s tolerancí -4,5 V až 4,5 V.
- Datové vodiče jsou galvanicky odděleny od napájecích.
- Umožňuje plynulé stmívání v rozmezí 0,1 % až 100 %. Dolní hranice je závislá na konkrétním typu svítidla.
- Řídicí prvky komunikují s ovládaným zařízením pomocí paketu o délce 19 bitů (1 start, 8 adresa, 8 data, 2 stop). Ovládaná zařízení na tento signál odpovídají pouze pakety o délce 11 bitů (1 start, 8 data, 2 stop).
- Hodnota jasu je definována pomocí osmibitového datového slova, kdy 0 představuje vypnutý stav. Úroveň jasu 100 % je definována. Hodnota 255 je zakázaná a slouží například k zneplatnění scény.
- Hodnoty jednotlivých jasů jsou odstupňovány logaritmicky. Toto odstupňování respektuje křivku citlivosti lidského oka.
- Přenos dat rychlostí 1200 bit/s.
- Manchesterské kódování dat umožňuje detekovat chyby přenosu.
- Každé připojené zařízení může odebírat z řídicí sítě maximálně 2 mA.
- Jednoduché zapojení pomocí dvouvodičové sběrnice, Při zapojení nezáleží na polaritě datových vodičů.
- Rychlost stmívání lze nastavit individuálně. [1] [11] [12]



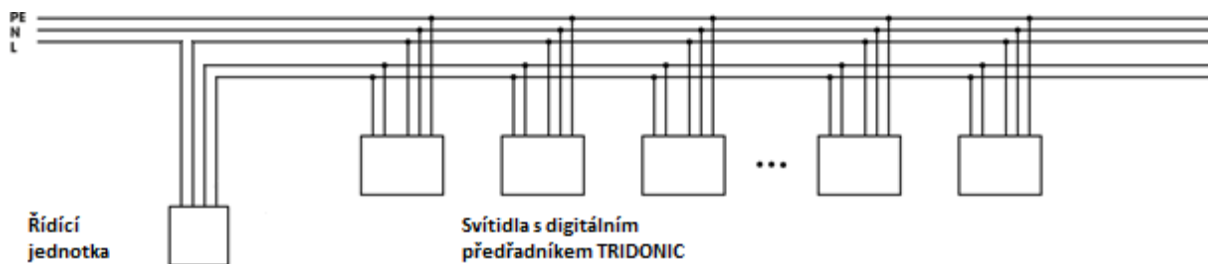
Obrázek 6: Základní zapojení stmívání DALI [10]

DSI

(*Digital Serial Interface*) DSI je starší typ komunikačního protokolu, který vznikl již v roce 1991 a sloužil jako základ pro vznik protokolu DALI. Jedná se o soukromý protokol, vlastněný firmou Tridonic. Spínání a stmívání zařízení probíhá pomocí sériových asynchronních řídicích příkazů. Pro přenos hodnoty stmívání se využívá 8bitové datové slovo, čemuž odpovídá 256 úrovní osvětlení. Jednotlivé připojené zařízení nejsou nijak adresovány. Z toho důvodu není možné využít protokol DSI při individuální regulaci nebo řízení svítidel s proměnnou barvou světla. [1] [11]

Vlastnosti DSI

- Maximální počet připojitelných zařízení závisí na výkonu výstupu řídicího systému.
- Maximální délka vedení je omezená na 250 m.
- Synchronizace zařízení pomocí start bitu.
- Přenos dat rychlostí 600 bit/s.
- Manchesterké kódování dat umožňuje detekovat chyby přenosu.
- Úroveň logické 1 odpovídá napětí 12 V. Pro logickou 0 je napětí pod 0,5 V.
- Stmívání v rozsahu 1-100 % definováno v 255 krocích. Úroveň o
světlení je odstupňována logaritmičticky v souladu s křivkou citlivosti lidského oka.
- Jednoduché zapojení pomocí dvou vodičové sběrnice. Při zapojení nezáleží na polaritě datových vodičů. [1] [11]



Obrázek 7: Základní zapojení stmívání DSI [10]

3. Parametry kamer a kamerových systémů použitých v ČEPS

3.1. Hlavní parametry kamer

3.1.1. Rozlišení

Rozlišení kamery je jeden z nejdůležitějších parametrů, který má zásadní vliv na výslednou kvalitu obrazu. Určuje počet obrazových bodů (pixelů), ze kterých je složen každý pořízený snímek. U analogových kamer je rozlišení udáváno v počtech TV řádků, digitální kamery udávají rozlišení v mega pixelech (Mpx). Doplnujícím údajem rozlišení je tzv. poměr stran udávající závislost šířky a výšky jednotlivých snímků. Nejčastěji používané poměry stran jsou 16:9, 4:3, 3:2 a 1:1. [13] [14]

Tabulka 2: Běžně používané rozlišení [13]

Formát	Mega pixely (Mpx)	Počet bodů v řádku	Počet řádků
QCIF	0,025	176	144
CIF	0,1	352	288
VGA	0,31	640	480
SD	0,41	720	576
960H	0,55	960	480
HD (720p)	0,92	1280	720
SXGA	1,31	1280	1024
UXGA	1,92	1600	1200
FULL HD (1080p)	2,07	1920	1080
WQHD	3,67	2560	1440
UHD (4K)	8,29	3840	2160
SUHD (8K)	33,18	7680	4320



Obrázek 8 Příklad obrazu snímaného v různých rozlišeních [36]

3.1.2. Snímková frekvence

Jedná se o parametr, který stanovuje, kolik snímků je kamera schopná zachytit za jednotku času. Nejčastěji se tento parametr udává v jednotkách fps (frames per second), popřípadě v jednotkách frekvence (Hz). U pořizování videozáznamu platí, že čím vyšší je snímková frekvence, tím je obraz videa plynulejší. U většiny kamer je tento parametr nastavitelný. Nastavení vyšší snímkové frekvence je většinou dostupné na úkor rozlišení videa. Tyto dva parametry mají zásadní vliv na konečnou datovou velikost pořízeného záznamu. [14] [15] [16]

Tabulka 3 Běžně používané snímkové frekvence pro pořizování videa [15]

Snímková frekvence (fps)	Druh kamery
24 a 48	Pro filmový záznam
25 a 30	Kamery pro televizní vysílání
50 a 60	Kamery pro televizní vysílání – prokládaný režim
60 a více	Kamery pro pořizování zpomaleného záběru

Kritická frekvence splývání udává počet snímku za sekundu, při kterých oko ztrácí schopnost rozeznávat jednotlivé snímky a začíná záběr vidět plynule. Pro lidské oko je tato frekvence přibližně 24 Hz. Velikost kritické frekvence je závislá na hodnotách jasů pozorovaného objektu. Tuto frekvenci lze určit pomocí tzv. Talbotova zákona: [17]

$$f_s = a \cdot \log L_a + b \quad (4)$$

f_s – frekvence splývání (Hz)
 L_a – světelný podnět (jas, světelný tok)
 a – 12 Hz
 b – 33 Hz

Bezpečnostní kamery mohou pracovat s nižší snímkovou frekvencí, než je kritická frekvence lidského oka. Na trhu se lze běžně setkat s kamerami pracujícími s frekvencí 10 Hz. Při takto nízkých frekvencích snímání, již všechny zaznamenaný pohyb působí zpomaleně až nepřirozeně trhavě.

3.1.3. Světelná citlivost

Světelná citlivost kamery je parametr udávající mezní hodnotu osvětlenosti, při kterém ještě kamera dokáže snímat obraz. Hodnoty se udávají luxech (lx). Nejedná se však o osvětlenost snímané plochy, ale o míru osvětlení snímače světelným tokem odraženým od snímané plochy ve směru kamery. Čím více je snímaná plocha osvětlena, tím více světla se může odrazit a kamera je tak schopna pořídit kvalitnější záznam. Obecně platí, že černobílé kamery mají lepší světelnou citlivost než kamery barevné. Proto se využívají častěji v prostředích s horšími světelnými podmínkami. Světelná citlivost černobílých kamer bývá v rozmezí 0,0003 až 0,1 lx. U barevných kamery se hodnota pohybuje okolo 0,0004 až 1 lx. Některé kamery jsou schopny pracovat v tzv. režimu DEN/NOC. Za dostatečných světelných podmínek kamera pracuje ve standardním barevném režimu. Při poklesu osvětlenosti pod určitou mez se kamera automaticky přepne do citlivějšího černobílého režimu. [17] [18] [19].



Obrázek 9 Obraz snímáný kamerou v nočním a denním režimu [20]

Tabulka 4: Orientační hodnoty osvětlení za daných podmínek [17]

Obecný popis prostoru/prostředí	Osvětlenost (lx)
Hvězdná obloha	0,0001
Měsíc za úplňku	0,25
Osvětlení vedlejší ulice v noci	5
Kvalitně osvětlené prostory (kanceláře, učebny, prodejny)	500
Operační sály	1 000
Zataženo, vysoká oblačnost	5 000
Rovnoměrně zatažená obloha	20 000
Přímé sluneční záření v letních dnech	100 000

3.1.4. Technologie obrazového snímače

Obrazový snímač je polovodičová součástka, která pomocí fotocitlivých buněk snímá elektromagnetické záření dopadající na plochu čipu a převádí ho na elektrický signál. Počet fotocitlivých buněk a celková velikost čipu zásadním způsobem ovlivňuje výslednou kvalitu obrazu.

V dnešních kamerových systémech se standardně používají dva typy obrazových snímačů a to CCD (Charge Coupled Device) a CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor). Kamery se snímačem CCD jsou většinou použity v aplikacích, kde je kladen největší důraz na kvalitu obrazu. Zatímco kamery se snímačem CMOS se hodí spíše na aplikace, kde je hlavní důraz kladen na velikost kamery a pořizovací cenu. [17] [21] [22]

Technologie snímače CCD

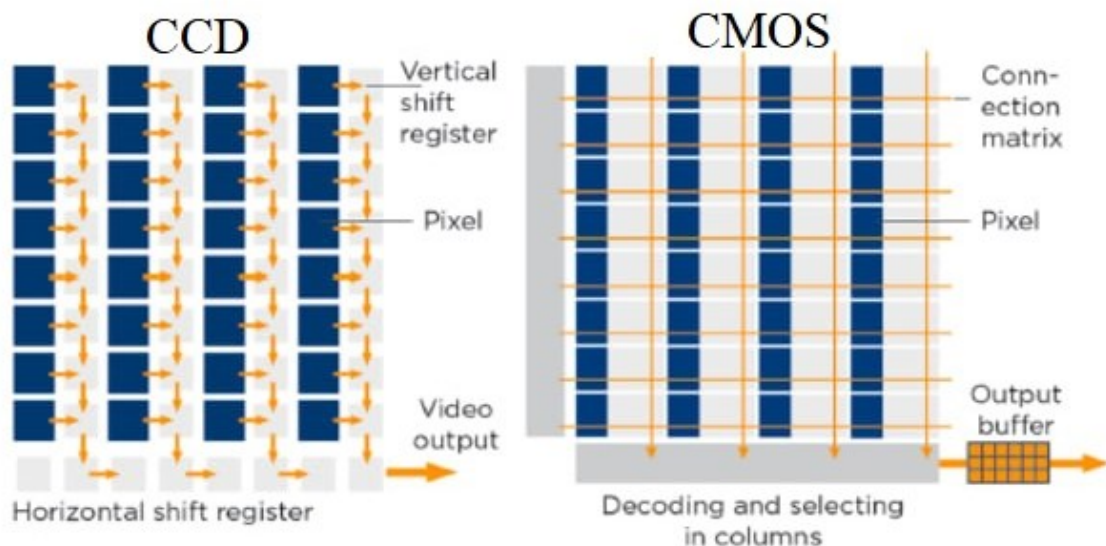
První fungující CCD snímač byl vytvořen již na počátku 80. let minulého století. Jednalo se o jednoduchý osmibitový posuvný registr se vstupním obvodem a lineárním osmibitovým zobrazovacím zařízením. Od té doby šel vývoj technologie CCD značně kupředu.

Výhodou CCD technologie je velká světelná citlivost a kvalitní obraz. Naopak nevýhodou je čtení signálu z buněk po jednotlivých řádcích. Snímací čip tedy není schopen dosáhnout rychlého sekvenčního snímání. Dále jsou CCD snímače náročnější na výrobu a mají větší odběr elektrické energie než snímače CMOS. [17] [21] [22]

Technologie snímače CMOS

Technologie CMOS je způsob výroby logických členů vynalezený již v 60. letech minulého století. Oproti technologii CCD, která je speciálně vyvinutá pro snímací čipy, je CMOS standardní technologie využívána k výrobě většiny dnešních integrovaných logických obvodů.

Díky digitalizaci každé fotobuňky zvlášť a zpracování všech řádků najednou mají snímače CMOS vyšší rychlost čtení, nižší spotřebu elektrické energie a kompaktnější rozměry než snímače CCD. Nevýhodou CMOS snímačů je naopak nižší kvalita záznamu při špatných světelných podmínkách, která je zapříčiněna větší vzdáleností mezi fotobuňkami. Velká část záření dopadajícího na plochu čipu se tak nedostane až k fotobuňkám. [17] [21] [22]



Obrázek 10: Struktura a princip čipů CCD a CMOS [23]

3.2. Základní konstrukční provedení bezpečnostních kamer

Standartní kamera

Jedná se o velice univerzální kamery běžně dodávané bez objektivu. Objektiv lze dokoupit zvlášť a volí se podle konkrétní aplikace. Kamera je vhodná hlavně pro vnitřní použití. Při venkovním použití musí být kamera opatřena dodatečným kamerovým krytem, který kameru chrání před okolními vlivy počasí. Zadní strana kamery obsahuje konektory pro připojení datového a napájecího kabelu. Některé kamery obsahují také vstupy a výstupy pro připojení alarmu. [22]



Obrázek 11: Standartní kamera [25]

Kompaktní kamera

Tento typ kamery bývá vždy dodáván jako komplet obsahující objektiv, držák a v některých případech i IR přísvit. Parametry tohoto typu kamer jsou neměnné. Před koupi kamery je proto nutné vědět, v jakém prostředí bude konkrétní kamera nainstalována a k jakým účelům bude sloužit. [22] [24]



Obrázek 12: Kompaktní kamera [26]

Dome (kopulovitá) kamera

Jsou to malé kompaktní kamery kopulovitého tvaru nejčastěji instalované přímo ke stěně nebo na strop. Objektiv kamery může být otočný. Díky své velikosti a tvaru jsou dome kamery velice nenápadné a odolné proti poškození. Některé typy dome kamer mohou mít kopuli vytvořenou z tmavého kovu krytu, který znemožňuje pozorovateli určit, jakým směrem je kamera natočená. [22] [24]



Obrázek 13: Dome kamera [26]

Otočná kamera PTZ (Pan Tilt Zoom)

Jak již samotný název napovídá, otočné kamery PTZ jsou osazeny otočným objektivem o 360° a možností nastavení několikanásobného přiblížení. Mohou být přisazeny na strop nebo umístěny na držák, který lze uchytit na boční stěny budov. Ideálním místem pro umístění této kamery je roh nějakého vyššího objektu, ze kterého kamera může sledovat velké území. [22] [24]



Obrázek 14: Otočná kamera [G]

Bezdrátové kamery

Ve většině případů jde o kompaktní kamery, které pro přenos záznamu využívají signálu Wi-Fi nebo datovém pásmu GSM. Bezdrátové kamery se více hodí pro mešní aplikace s malou přenosovou vzdáleností signálu. Při větších přenosových vzdálenostech dochází k mírnému zpoždění záznamu oproti realitě. [22] [24]



Obrázek 15: Bezdrátová kamera [28]

3.3. Hlavní parametry kamerových systémů

3.3.1. Definice kamerového systému

Kamerový systém lze definovat jako uzavřený televizní okruh využívající kamer k monitorování určeného prostoru. Získané záběry se mohou buď zobrazovat na monitorech kamerového systému, nebo se mohou archivovat pro další zpracování. Systém může být doplněn o mikrofon pro pořizování zvukového záznamu nebo reproduktor pro komunikaci s lidmi v blízkosti kamery. V zahraniční literatuře lze kamerové systémy nalézt pod zkratkou CCTV (Closed Circuit Television) [17]

3.3.2. Rozdělení kamerových systémů podle zpracování obrazu

Kamerové systémy lze rozdělit podle použité technologie záznamu a přenosu dat na klasické analogové kamerové systémy, HD-CVI kamerové systémy, AHD kamerové systémy a IP kamerové systémy. Konkrétní typ kamerového systému se volí podle druhu pozorovaného objektu a nároků na kvalitu a pořizovací cenu. [29]

Klasické analogové kamerové systémy

Ačkoliv se jedná o nejstarší typ kamerového systému, jsou analogové kamerové systémy dodnes jedny z nejpoužívanějších kamerových systémů vůbec, a to díky dlouhé životnosti, stabilitě systému, světelné citlivosti a nízké pořizovací ceně. Snímaný obraz je převeden na analogový signál, který se pomocí koaxiálního nebo UTP kabelu přeneší do záznamového zařízení DVR (Digital Video Recorder). Tyto zařízení se vyrábějí v určitých provedeních podle počtu vstupů pro připojení kamer. Na trhu existují systémy pro připojení 2, 4, 8, 16 a 24 kamer. Záznamové zařízení může mít výstup pro připojení monitoru, ze kterého je možno sledovat přímý přenos z kamer nebo přehrávat video ze záznamu. Některé typy DVR umožňují také připojení systému k místní síti LAN nebo internetu.

Maximální kvalita zaznamenávaného videa 960H a maximální délka kabelu kamery 100 m je ze všech typů kamerových systémů nejhorší, proto se hodí spíše k instalaci v menších objektech s nízkými nároky na rozlišení videa. Předností analogových kamerových systémů je velká světelná citlivost, díky které tyto systémy lze dobře používat i při nízkých hodnotách osvětlenosti.

S rozvojem technologií a rostoucími požadavky na kvalitu záznamu postupem času vznikly kamerové systémy AHD (Analog High Definition). Oproti původním klasickým kamerovým systémům dosahují AHD systémy rozlišení až 5 Mpx. Tyto systémy se používají hlavně při modernizaci starých analogových systémů, kdy je možno systém napojit na stávající kabelovou infrastrukturu. [17] [22] [29] [30]



Obrázek 16: Princip fungování analogového kamerového systému [29]

HD-CVI systémy

Jde o moderní typ kamerového systému vyvinutý společností Dahua podporující rozlišení UHD (4K). K oboustrannému přenosu signálu je použit klasický koaxiální kabel (nebo UTP kabel v kombinaci s převodníkem), přes který současně proudí 3 druhy signálu (audio, video, řídicí data) a slouží také k napájení kamer. Podobně jako AHD i HD-CVI systémy mohou být použity na modernizaci zastaralého analogového systému při zachování původní kabeláže. Výrobce garantuje plnou kompatibilitu se systémy AHD, TVI, CVBS a IP. [29]

Nasnímaná data v digitální podobě jsou převedena do jednoho modulovaného analogového signálu, což umožňuje zvýšení maximální délky přenosových tras. Maximální délka přenosové trasy udávaná výrobcem je závislá na typu použitého kabelu a kvalitě přenášeného signálu. Maximální délky pro konkrétní typy kabelů a rozlišení jsou uvedeny v tabulce 5 [29] [31]

Tabulka 5: Maximální délky kabelů systému HD-CTV v závislosti na rozlišení a použitém kabelu [31]

Typ kabelu		Rozlišení		
		720p	1080p	4K
Koaxiál	RG6(75-5)	1200 m	800 m	700 m
	RG59(75-3)	800 m	500 m	500 m
UTP	CAT6	450 m	300 m	300 m



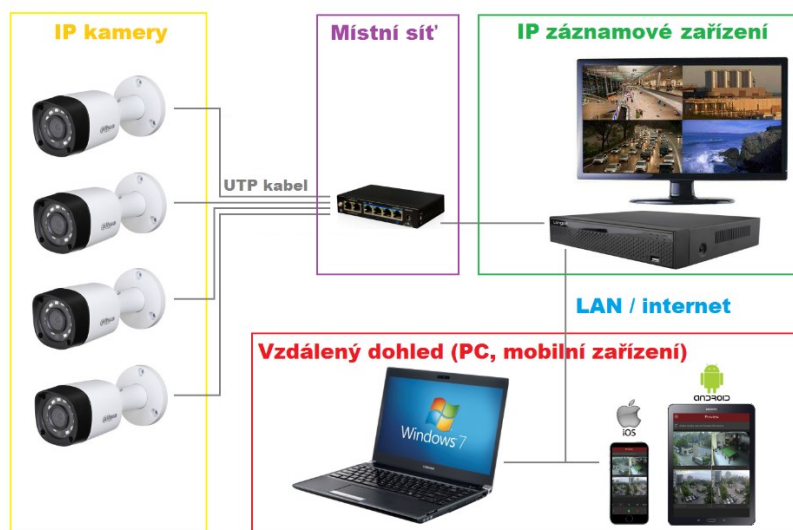
Obrázek 17: Princip fungování kamerového systému HD-CVI [29]

IP systémy

Kamerové systémy IP (Internet Protokol) jsou moderní technologie využívající pro přenos dat počítačovou síť. Kamery lze napojit na již stávající počítačovou síť, která se používá i k jiným účelům. Z důvodu průtoku velkého množství dat se ale tato varianta moc nedoporučuje. Lepším řešením je mít kamerový systém napojený na vlastní oddělenou kamerovou síť.

Snímaný obraz je zpracováván přímo v kameře a do místní sítě vstupuje již zpracovaný digitální signál. Identifikace každého zařízení připojeného k počítačové síti je realizována pomocí přidělených IP adres. IP kamery mohou pracovat samostatně a nejsou závislé na žádných nadřazených prvcích. Některé kamery umožňují také ukládání záznamu na paměťovou kartu vloženou v kameře. To umožňuje fungování kamer v off-line režimu při výpadku sítě. Systémy IP nejsou limitovány maximální délkou přenosové trasy. Pro přenos signálu může být použit UTP kabel, optický kabel nebo síť Wi-Fi.

Vývoj kamerových systémů IP jde kupředu velkou rychlostí. Na trhu jsou již k dostání kamery s rozlišením až 15 Mpx. Snímková frekvence takových kamer může být až 60 snímků za sekundu. Záznam z takovýchto kamer může být dále použit pro analytické funkce typu rozpoznávání obličejů, čtení SPZ, počítání osob apod. [17] [22] [29] [32]






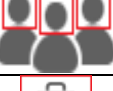
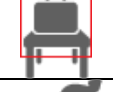


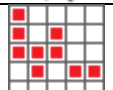
Obrázek 18: Princip fungování kamerového systému IP [29]

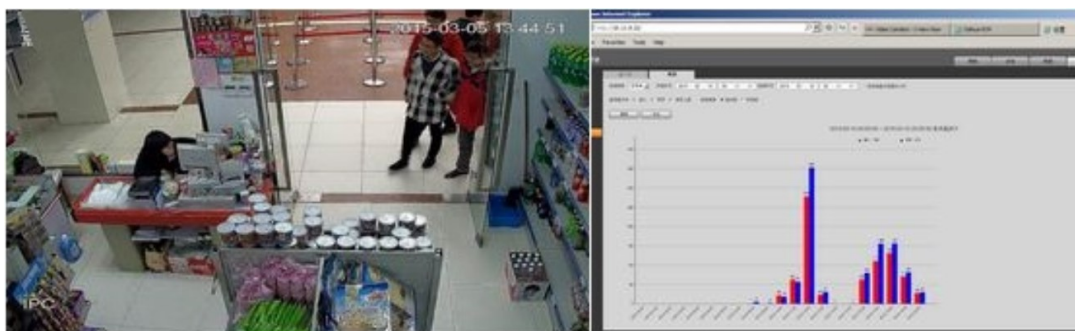
Tabulka 6: Srovnání jednotlivých technologií [29]

Technologie		Analog	AD-CVI	IP
Oblast	Vlastnost			
Obraz	Maximální rozlišení	960H	8 Mpx (4K)	15 Mpx
	Snímková frekvence	25 fps	30 fps	60 fps
Přenos	Délka trasy	100 m	1200 m	neomezená
	Přenosová trasa	Koaxiální a UTP kabel	Koaxiální a UTP kabel	UTP nebo optický kabel, Bezdrátové spojení
	Zabezpečení přenosu	není	není	šifrování
	Odolnost proti rušení	není	vyšší odolnost	odolné
	Zpoždění obrazu	ne	ne	ano
Ostatní	Vzdálená správa záznamového zařízení	ano	ano	ano
	Analytické funkce v kameře	ne	ne	ano
	Náročnost instalace	nízká	nízká	složitější
	Autonomní kamera	ne	ne	ano
	Software	otevřený	soukromý	otevřený
	Pořizovací náklady	nízké	vyšší	vyšší

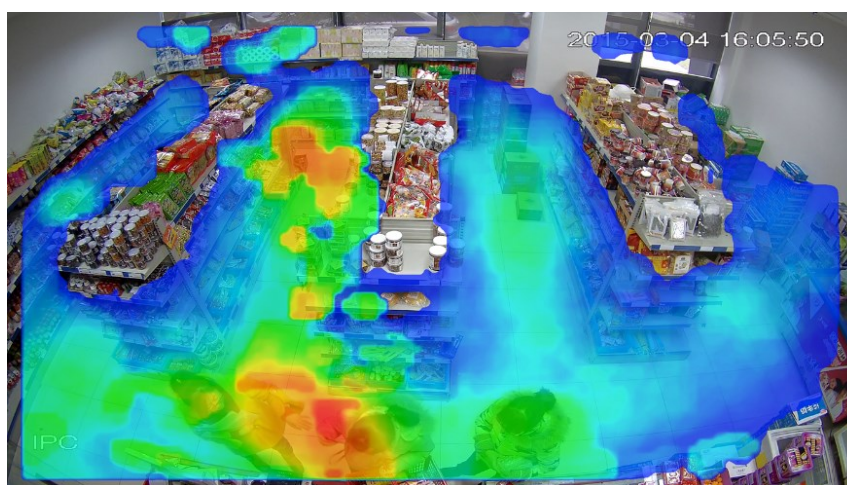
Pozn. Nejlepší hodnoty jsou v tabulce napsány zeleně, střední hodnoty žlutě a nejhorší hodnoty červeně.

Tabulka 7: Popis základních analytických funkcí [33]

Analytická funkce		Popis
Překročení čáry		V obraze je vyznačena libovolná linie, která je ve zvoleném směru hlídána kamerou proti neoprávněnému překročení.
Narušení zóny		V obraze lze vyznačit také oblast, která je hlídána kamerou proti neoprávněnému vniknutí.
Změna scény		Kamera kontroluje snímanou oblast. Když dojde k změně scény, kamera na to upozorní.
Detekce obličeje		V pořízeném záznamu jsou aktivně vyhledávány a vyznačeny lidské tváře pro snadnější identifikaci nebo pokročilejší analytické metody.
Přidaný objekt		Kamera dokáže detekovat neznámý objekt, který se ve vyznačené oblasti zdrží delší dobu a není součástí původně definované scény.
Chybějící objekt		Kamera dokáže upozornit na odcizení objektu, který byl původně součástí hlídáného prostoru.
Počítání osob		Kamera počítá lidi, kteří vstoupí do předem definované zóny. Pro snazší vyhodnocení mohou být data převedena do grafů.
Teplotní mapy		Jedná se o teplotně kódovaný snímek hlídáného prostoru, který znázorňuje kde se v daném prostoru nejvíce zdržují lidé. Výsledná mapa je tvořena na základě dlouhodobé analýzy záznamu.



Obrázek 19: Počítání osob pomocí kamery v prodejně potravin [33]



Obrázek 20: Teplotní mapa pohybu osob v prodejně potravin [33]

3.4. Kamery a kamerové systémy používané společností ČEPS, a. s.

3.4.1. Požadavky na kamery a kamerové systémy kladené technickou normou TN/67/2020

Tato technická norma standardizuje prostředky k fyzické ochraně majetku a sjednocuje postupy pro projektování, dodávky a správnou funkci všech technických prostředků fyzické ochrany majetku. Součástí této normy jsou také minimální požadavky na používané kamery a kamerové systémy. [34]

Požadavky na kamery:

Všechny typy kamer musí umožňovat přepínání mezi režimy Den a Noc.

Pevné kamery jsou určeny především pro instalaci do interiéru jako například chodby, vstupní dveře, turnikety nebo důležitá technologická centra. Venkovní provedení pevných kamer mohou být použité také k monitorování perimetru. Kamery instalované na příjezdových komunikacích mohou mít funkci čtení registračních značek.

Otočné kamery jsou určeny k venkovní instalaci v otevřených prostorech, ze kterých je možno dobře provádět operátorský dohled. Primárním úkolem otočných kamer je automatické natočení a nahrávání všech vzniklých událostí v jejím vizuálním dohledu. V době klidu je kamera nastavená v parkovací pozici a provádí nepřetržitý dohled nastavené scény. Otočné kamery typu PTZ musí být vybaveny pokročilými funkcemi jako například WDR (Wide Dynamic Range) používanou pro potlačení rušivých efektů nebo BCL (Black Light Compensation) pro zmírnění rušivých účinků světla ve tmě. V případě, že kamery zasahují do veřejného prostoru, musí být vybaveny funkcí pro blokování jeho sledování (window blanking).

Živý přenos videa do centra vzdáleného dohledu musí být v minimálním rozlišení 720p. Minimální rozlišení pro ukládání videa je 1080p (Full HD). Všechny výstupy z kamer patřících do systému TSFO se musí archivovat po dobu 7 až 30 dnů.

Zvolené statické kamery musí podporovat také video-analytické funkce, které dokážou detekovat narušení, překročení čáry, setrvání osob v zakázané oblasti, neoprávněné blokování přístupové cesty autem nebo zmizení objektu.

Na elektrických stanicích společnosti ČEPS, a. s. jsou instalovány závěsné IP kamery Siqua.

Dome kamera Siqua HSD820V2H3-E



Obrázek 21: kamera Siqua HSD820V2H3-E [35]

Tabulka 8: Základní technické parametry kamery Siqua HSD820V2H3-E [35]

Snímací čip	1/2.8" Progressive scan CMOS
Maximální rozlišení	2 MP (1920x1080)
Maximální snímací frekvence	60 fps
Světelná citlivost	0.35 luxů barevné, 0.09 luxů černobílé
Přiblížení	30 x Optické přiblížení / 12x Digitální
Rozsah otáčení	0 ~ 360°
Rychlost uzávěrky	1 ~ 1/10000 s
Úhel sklopení	-10° 190°
Přednastavená rychlost	5° ~ 400°/s
Manuální rychlost	0,5° ~ 90°/s
Počet přednastavených pozic	256 pozic
Počet nastavitelných pozic	8 pozic
Počet soukromých míst k zamaskování	16 míst
Stabilizace obrazu	Zap. / Vyp.
Nastavitelné rozlišení	1920x1080; 1280x1024; 1280x720; 1024x768; 800x600; 720x576; 640x480; 352x288
Komprese obrazu	H.264 (baseline / main / high profile); MJPEG
Možnosti nahrávání	Zap. / Vyp. / Podle plánu
Výstup nahrávky	SD karta / Ethernetové sdílení
Typ a maximální velikost SD karty	Micro SDXC card, 64 GB
Pracovní rozhraní	10/100/1000 Mb Ethernet (RJ-45) 100/1000 Mb Ethernet (SFP)
Komunikační protokoly	IPv4/v6, TCP/IP, UDP, RTP, RTSP, HTTP, HTTPS, ICMP, FTP, SMTP, DHCP, PPPoE, IGMP, PNAC (IEEE 802.1x), QoS
Level zabezpečení heslem	Uživatel a Administrátor
Podporované webové prohlížeče	Internet Explorer (6.0+), Chrome, Firefox, Safari
Spotřeba energie	55 W PoE / 57 W
Provozní teploty	-40 °C ~ +50 °C
Stupeň krytí	IP66
Rozměry	Ø192 × 292 mm
Váha	2,3 kg

Záznamový server Geutebrück G-ST

Jde o digitální rekordér určený pro profesionální bezpečnostní kamery s nepřetržitým provozem. Vyrábí se v různých variantách. Všechny varianty používají stejný základní software G-Core. Jednotlivé varianty se liší množstvím připojitelných kamer, typem procesoru, velikostí paměti RAM a počtem slotů pro paměťové úložiště. Vstupy systému jsou určeny pro připojení kamer. Výstupy slouží k připojení zobrazovacích zařízení nebo k propojení s dalšími digitálními systémy a PC. Výpočetní výkon rekordéru lze také použít k různým druhům video-analýzy G-Tect. [37]



Obrázek 22: Záznamový server G-ST 8000+ [38]

Tabulka 9: Základní technické parametry záznamového serveru G-ST 8000+ [38]

Operační systém	Windows 2016 Server Essentials for Embedded Systems (64 Bit)
Maximální rozlišení kamer	4K
Počet připojitelných kamer	128 IP kamer
Počet slotů pro paměťové úložiště	16 x HDD, 2 x SSD
Typ procesoru	INTEL QuadCore XEON
RAM	4 x 4GB DDR4 ECC SDRAM
Datové rozhraní	SCSI
Ethernet	2 x Ethernet 10/100/1000 base-TX interface
USB	4 x USB 3.0, 4 x USB 2.0 (zezadu) / 1 x USB 3.0 (zepředu)
RS-232	1 x
Výstup videa	DVI-D, Display Port
Výstup audia	1 x stereo (phone jack, 3,5 mm)
Kontrolní vstupy	16 vstupů
Kontrolní výstupy	8 relé výstupů
Rozměry	482 x 133 x 710 mm
Váha	24 kg
Napájecí zdroj	Redundantní napájecí zdroj: 110 – 240 V AC / 60 ~ 50 Hz ±10% 2 x 760 W (výměna za provozu hot-swap)
Spotřeba energie	Ø 340 W; Max. 410 W
Provozní teplota	0 °C ~ 40 °C
Software	G-Core

G-View Station

Jedná se o konfigurovatelnou klientskou stanici, určenou pro operátorské pracoviště. Je vhodná pro zobrazování pořízeného záznamu na 1 až 4 monitorech. Při výběru zařízení je velká variabilita nabízeného příslušenství. Jejich výsledná konfigurace je závislá na konkrétní aplikaci. Jednotka je vhodná pro provoz softwarových systémů vyvinutých společností Geutebrück (GeViSoft, G-SIM, G-Health), výpočet video-analýzy záznamu G-Tect nebo svůj výkon dokáže poskytnout serverům řady G-ST. [39]



Obrázek 23: G-View Station [39]

Tabulka 10: Základní technické parametry stanice G-View Station [40]

Operační systém	Windows 10 IoT Enterprise Embedded
Maximální rozlišení kamer	4K
Počet připojitelných monitorů	1 ~ 4 monitory
Počet slotů pro paměťové úložiště	4x HDD, 1x SSD
Typ procesoru	Intel Core i5 nebo i7
RAM	2x 4GB DDR4
Datové rozhraní	SCSI
Ethernet	1 x Ethernet 10/100/1000 base-TX interface
USB	4 x USB 3.0, 2 x USB 2.0 (zezadu) / 2 x USB 3.0 (zepředu)
RS-232	1 x
Výstup videa	DVI-D, Display Port
Výstup audia	1 x stereo (phone jack, 3,5 mm)
Rozměry	443 x 140 x 436 mm
Váha	11,6 kg
Napájecí napětí	Redundantní napájecí zdroj: 110 – 240 V AC / 60 – 50 Hz ±10% 300 W nebo 2 x 420 W (výměna za provozu Hot-Swap)
Spotřeba energie	210 W při zapojení (1xSSD, 4xHDD)/ 140 W při zapojení (1xSSD, 1xHDD)
Provozní teplota	0°C ~ 35°C při zapojení 4xHDD, 0°C ~ 40°C při zapojení 2xHDD

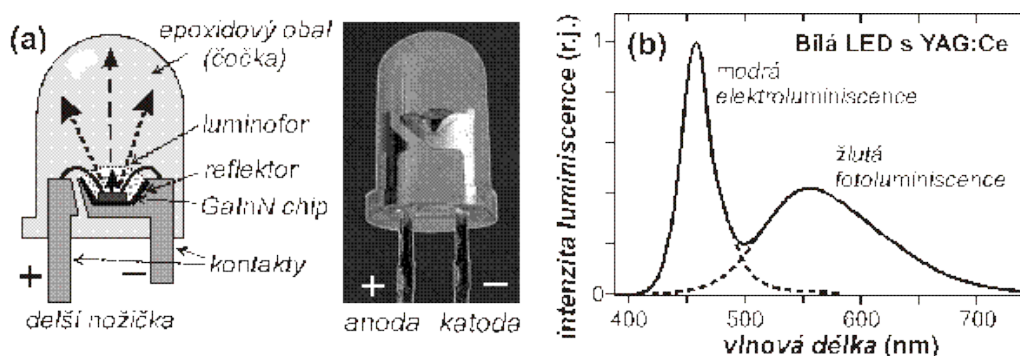
4. Porovnání a optimalizace citlivostí kamerových systémů a systémů hlídacího osvětlení

4.1. Spektrální vyzařování Světelných diod

Výsledné spektrum vyzařované světelnou diodou je závislé na náhradní teplotě chromatičnosti T_c . V případě světelných diod s luminoforem vyzařující bílé světlo je náhradní teplota chromatičnosti závislá na poměru primárního (elektroluminiscence) a sekundárního (fotoluminiscence) záření. Ve studenějších odstínech světla převažuje primární modrá složka, zatím co u teplejších odstínů zase sekundární “jantarová” složka. [1]



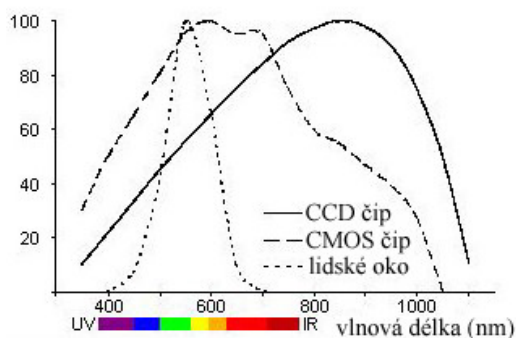
Obrázek 24 Příklad různých odstínů světla v závislosti na teplotě chromatičnosti T_c světelných zdrojů [42]



Obrázek 25 (a) Konstrukční provedení Světelné diody (b) Rozdělení primárního a sekundárního záření diody [43]

4.2. Spektrální citlivost čipů

Jedná se o parametr udávající citlivost snímacího čipu v závislosti na vlnové délce dopadajícího záření. Snímací čipy CCD a CMOS dokážou snímat záření v širším pásmu vlnových délek a s jinou citlivostí než běžné lidské oko. Tuto závislost lze vyjádřit pomocí spektrálních charakteristik, které jsou zobrazeny na obr. 26. V praxi se charakteristiky mohou mírně lišit. Výsledná charakteristika je závislá na konkrétní technologii snímače a nastaveném režimu kamery. [17]

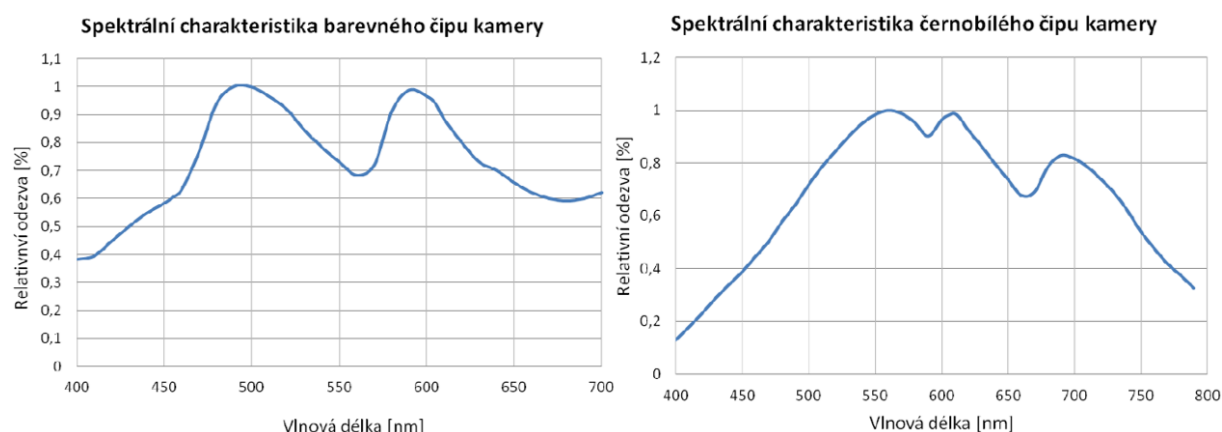


Obrázek 26 Příklad spektrální citlivost CCD a CMOS čipu [17]

4.3. Porovnání spektrálního vyzařování LED se spektrální citlivostí snímacího čipu

Pro správnou funkci kamerového systému je nutné zařídit dostatečnou osvětlenost snímané plochy. Použitý světelný zdroj musí vyzařovat primárně na vlnových délkách, které je čip schopen dobře snímat. Pokud by tomu tak nebylo, může se stát, že i kvalitně osvětlená plocha nepůjde kamerou dostatečně kvalitně nasnímat.

Kamery Siqua, používané v rozvodně P používají snímací čip CMOS 1/2.8" progressive scan, jehož spektrální charakteristiky citlivosti jsou zobrazeny na obrázku 27.



Obrázek 27 Spektrální charakteristiky barevného a černobílého snímáče CMOS 1/2.8" Progressive scan [44]

Pro porovnání byly použity spektrální charakteristiky bílých světelných diod o třech náhradních teplotách chromatičnosti T_C (3000 K, 4000 K a 5000 K), jež jsou zobrazeny na obrázku 28. Pro porovnání jednotlivých charakteristik je nutné vypočítat konstantu x , která je vztažná k zářivému výkonu světelného zdroje. [44]

$$x \cdot \sum_{400}^{750} A \cdot \Delta B = P$$

$$x = \frac{P}{\sum_{400}^{750} A \cdot \Delta B} \quad (5)$$

x – Konstanta (-)

A – Relativní spektrální distribuce energie (%)

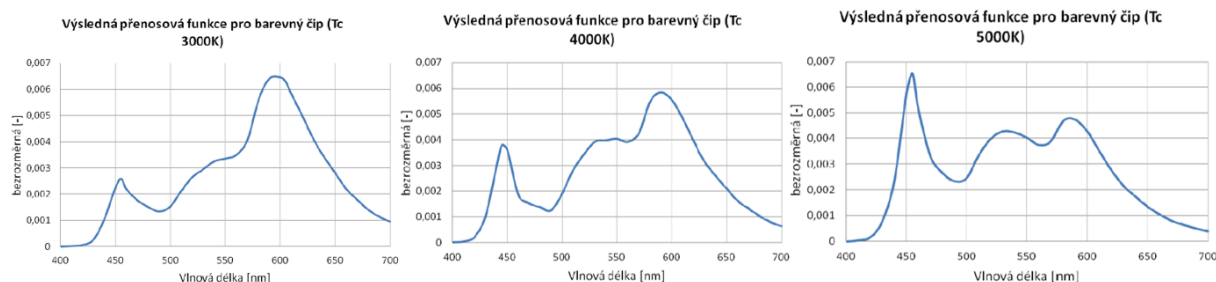
B – Vlnová délka (nm)

P – Výkon (W) [44]



Obrázek 28 Spektrální vyzařování LED s náhradní teplotou chromatičnosti T_C 3000 K, 4000 K a 5000 K [44]

Porovnat vybrané náhradní teploty chromatičnosti s konkrétním snímacím čipem je možné pomocí přenosové funkce, která vznikne vynásobením spektrálních charakteristik světelných zdrojů a spektrální citlivosti čipů. Výsledné přenosové funkce pro barevný a černobílý jsou zobrazeny na obrázcích 30 a 31. [44]



Obrázek 29 Výsledné přenosové funkce pro barevný čip a LED s náhradní teplotou chromatičnosti $T_c = 3000$ K, 4000 K a 5000 K [44]



Obrázek 30 Výsledné přenosové funkce pro černobílý čip a LED s náhradní teplotou chromatičnosti $T_c = 3000$ K, 4000 K a 5000 K [44]

Přenosovou schopnost snímacích čipů lze vyjádřit také v procentech. Vypočtená procentuální hodnota je vztažná k ideální hodnotě spektrální citlivosti snímače na všech vlnových délkách. [44]

Tabulka 11 Přenosové funkce pro barevný a černobílý čip v závislosti na náhradních teplotách chromatičnosti [44]

Náhradní teplota chromatičnosti svítidla T_c	Přenosová funkce pro barevný čip	Přenosová funkce pro černobílý čip
3000 K	81,6 %	88,9 %
4000 K	81,2 %	85,9 %
5000 K	81,7 %	81,1 %

Zhodnocení barevného čipu

Přenosová funkce barevného snímače vyšla srovnatelně pro všechny zvolené náhradní teploty chromatičnosti T_c . Všechny hodnoty přenosů jsou v rozmezí 81 % až 82 %.

Zhodnocení černobílého čipu

V tomto případě přenosová funkce klesá s rostoucí teplotou T_c . Nejlépe vyšla pro náhradní teplotu chromatičnosti $T_c = 3000$ K, kdy je hodnota přenosu až 88,9 %. Téměř stejně dobrého přenosu dosahuje také teplota $T_c = 4000$ K s hodnotou přenosu nižší jen o 3 %. Nejhorší míru přenosu má teplota $T_c = 5000$ K s poklesem o 7,8 %.

Celkové zhodnocení

Z výsledku je patrné, že nejlepší přenosovou funkci pro oba typy snímacích čipů mají svítidla s náhradní teplotou chromatičnosti $T_c = 3000$ K. U černobílého snímače přenosová funkce dosahuje nejlepších hodnot a u barevného snímače je jen o 0,1 % nižší, než hodnota nejlépe hodnocená teplota $T_c = 5000$ K. Tato teplota má však nejhorší přenosovou funkci u černobílého čipu.

5. Měření a vyhodnocení stmívání osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení ve vazbě na vybuzení a dostatečnou rozlišitelnost výstupů z kamer

5.1. Úvod měření

Předmětem praktické části bylo porovnání a vyhodnocení kvality videa z bezpečnostních kamer pro předem zvolené hladiny osvětlenosti hlídacího osvětlení rozvodny P. Měření probíhalo 10.3.2021 od 20:00 do 21:00. Z důvodu celosvětové pandemie bylo nutné měření provést dálkově, bez fyzické přítomnosti osob v areálu rozvodny.

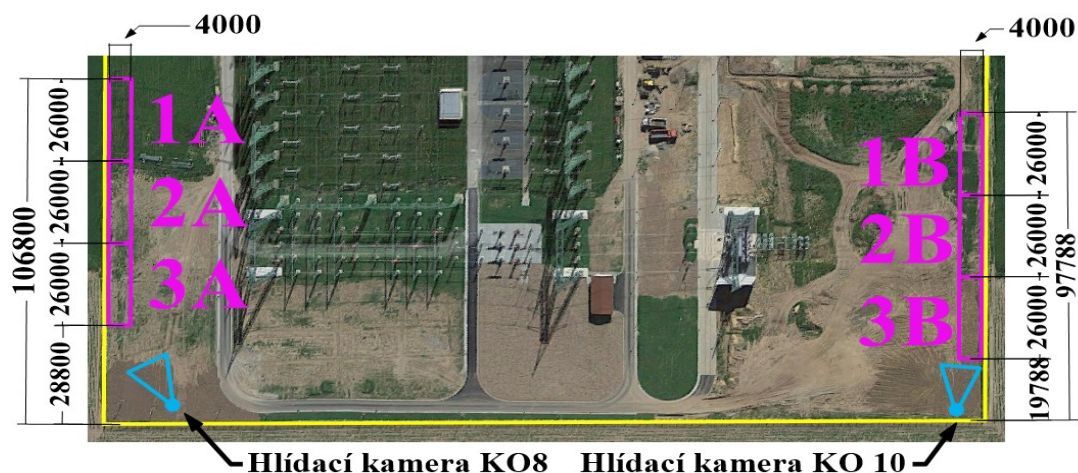
5.2. Popis hlídané scény

Vybrané kamery jsou umístěny v rozích perimetru rozvodny P. Polohy kamer ve výpočetních modelech byly odhadnuty na 6 a 12 metrů od snímaného perimetru a 4,2 m od zadního nesnímaného perimetru. Kamery byly umístěny ve výšce 6,8 m. Oba snímané sektory perimetru byly rozděleny do 3 referenčních úseků. Délka úseku je dána vzdáleností mezi svítidly (26 m). Šířka je dána vzdáleností mezi svítidlem a plotem (4 m). Kóty v obrázcích 31 a 32 jsou uvedeny v milimetrech.

Pro výpočet osvětlenosti byl uvažován ideální stav kamer (bez znečištění) a prostředí (bez dočasných terénních nesrovnalostí, způsobených rekonstrukcí).

Poskytnutá dokumentace:

Světelně-technický projekt, technický výkres s rozmístěním svítidel, katalogový list svítidel, katalogový list kamery.



Obrázek 31 Areál rozvodny P s vyznačenými referenčními úseky.



Obrázek 32 Snímky z bezpečnostních kamer s vyznačenými referenčními úseky. Levý snímek KO 8, pravý KO 10.

5.3. Postup měření:

Pro měření byly vybrány 2 bezpečnostní kamery (KO 8 a KO 10) snímající perimetr rozvodny osvětleny hlídacím osvětlením. Principem měření bylo pořizování videozáznamu v černobílém režimu při postupné regulaci jasu hlídacího osvětlení. Pro vybrané hodnoty jasu byly pořízeny vždy dva snímky videa. První snímek při snižování jasu, druhý při zvyšování.

Pro zjištění hladin osvětlenosti v referenčních úsecích byly vytvořeny dva teoretické modely ve výpočetním programu Relux. Zdrojové kódy programů jsou umístěny v příloze.

Podmínky během měření:

V průběhu měření převládala jasná obloha bez přítomnosti mlhy. Snímaná plocha byla mokrá, bez přítomnosti sněhu nebo námrazy.

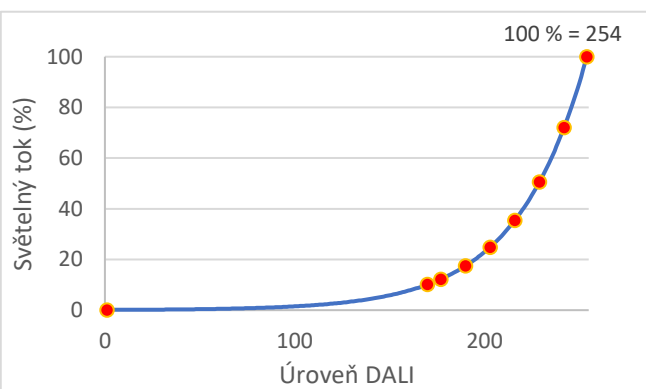
Tabulka 12 Počasí během měření

Teplota	Srážky	Vítr	Tlak vzduchu	Vlhkost vzduchu
(°C)	(mm)	(km/h)	(hPa)	(%)
-1 až -2	0	11	1021	50 až 60

Nastavené hodnoty světelného toku:

Tabulka 13 Vybrané hodnoty stmívání

Procentuální hodnota světelného toku (%)	Nastavená hodnota DALI
100	254
72	242
55,5	229
35,5	216
24,8	203
17,5	190
12,2	177
10,1	170
0	0



Graf 1 Závislost vyzářeného světelného toku na úrovni DALI

Požadavky na osvětlenosti kladené technickou normou TN_59_2020.

Tabulka 14 Normativní požadavky na hlídací osvětlení v rozvodnách [3]

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m (lx)	U_0	GR_L	R_a
Venkovní rozvodny	10	0,40	45	20

Pozn.: Výška srovnávací roviny 0 m.

Tabulka 15 Normativní požadavky na kamerovou osvětlenost [3]

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_K – kamerová osvětlenost (lx)
Venkovní osvětlení	10

Pozn.: Výška srovnávací roviny 1 m. Odraznost země $\rho = 0,25$.

5.4. Výsledky měření

Úroveň osvětlení 100 %



Obrázek 33 Snímky z kamery KO 8 při 100 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.



Obrázek 34 Snímky z kamery KO 10 při 100 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů.

Vypočtené hodnoty osvětlenosti

Tabulka 16 Vypočtená udržovaná osvětlenost referenčních úseků E_{HM}

Udržovaná horizontální osvětlenost											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Udržovaná horizontální osvětlenost E_{HM} všech úseků	(lx)	21,1	23,9	22,1	16,1	12,7	12,7	16,1	22,1	23,9	21,1

Pro nově instalovanou osvětlovací soustavu v rozvodně P lze vypočítat aktuální hladiny osvětlenosti bez uvažování udržovacího činitele MF .

$$E_{H0} = \frac{E_{HM}}{MF} \quad (1)$$

E_{H0} ... Osvětlenost nové osvětlovací soustavy

E_{M0} Udržovaná Osvětlenost

MF ... Udržovací činitel

Tabulka 17 Vypočtená počáteční osvětlenost E_{H0} referenčních úseků

Horizontální osvětlenost při 100 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Počáteční horizontální osvětlenost E_{H0} všech úseků	(lx)	27,0	30,6	28,3	20,7	16,3	16,3	20,7	28,3	30,6	27,0

Pozn. Výpočty zbylých počátečních hodnot osvětlenosti jsou totožné, proto již dále nebudou ukazovány. V tabulkách jsou vyznačeny nejvyšší hodnoty **zeleně**, nejnižší hodnoty **žlutě**.

Tabulka 18 Vypočtené počáteční kamerové osvětlenosti E_{K0}

Kamerové osvětlenosti při 100 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 1A	(lx)	11,1	24,9	33,9	29,9	22,4	17,3	15,2	12,9	10,4	10,4
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 2A	(lx)	12,5	26,5	34,8	30,4	22,6	17,4	15,2	12,8	10,4	11,1
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 3A	(lx)	10,9	26,7	35,2	30,3	22,6	17,1	14,9	12,6	10,2	12,5
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 1B	(lx)	10,9	25,3	33,9	29,9	22,5	17,3	15	13,5	10,7	10,3
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 2B	(lx)	12,8	27,1	35,2	30,6	22,9	17,4	15,1	13,4	10,7	10,9
Kamerová osvětlenost E_{K0} úseku 3B	(lx)	15,4	29,9	37,1	31,3	23	17,4	15	13,3	10,5	12,8

E_{Hmin0} minimální hodnota horizontální osvětlenosti (lx)

E_{Kmin0} minimální hodnota kamerová osvětlenost (lx)

E_{Hmax0} maximální hodnota horizontální osvětlenosti (lx)

E_{Hm0} průměrná hodnota horizontální osvětlenosti celého úseku (lx)

E_{Km0} průměrná hodnota kamerové osvětlenosti celého úseku (lx)

Tabulka 19 Minimální a průměrné osvětlenosti při 100 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin0}	(lx)	10,4	10,4	10,2	10,3	10,7	10,5
E_{Km0}	(lx)	18,8	19,4	19,3	18,9	18,6	20,6
E_{Hmin0}	(lx)	16,3					
E_{Hmax0}	(lx)	30,6					
E_{Hm0}	(lx)	24,6					

Zhaslá osvětlovací soustava



Obrázek 35 Snímky z kamer při zhaslé osvětlovací soustavě. Levý snímek KO 8, pravý snímek KO 10.

Úroveň osvětlení 72 %



Obrázek 36 Snímky z kamery KO 8 při 72 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 37 Snímky z kamery KO 10 při 72 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 20 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 72 %

Úroveň osvětlení 72 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H72}	(lx)	19,4	22	20,4	14,9	11,7	11,7	14,9	20,4	22,0	19,4
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 1A	(lx)	8	17,9	24,4	21,6	16,2	12,4	10,9	9,3	7,5	7,5
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 2A	(lx)	9	19,1	25,1	21,9	16,3	12,5	10,9	9,2	7,5	8
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 3A	(lx)	7,9	19,3	25,3	21,8	16,3	12,3	10,7	9,1	7,3	9
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 1B	(lx)	7,9	18,2	24,4	21,5	16,2	12,4	10,8	9,7	7,7	7,4
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 2B	(lx)	9,2	19,5	25,3	22,1	16,5	12,6	10,9	9,7	7,7	7,9
Kamerová osvětlenost E_{K72} úseku 3B	(lx)	11,1	21,5	26,7	22,5	16,6	12,6	10,8	9,6	7,5	9,2

pozn. dílčí hodnoty osvětlenosti jsou vypočteny z počátečních hodnot osvětlenosti

Tabulka 21 Minimální a průměrné osvětlenosti při 72 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin72}	(lx)	7,5	7,5	7,3	7,4	7,7	7,5
E_{Km72}	(lx)	13,6	13,9	13,9	13,6	14,1	14,8
E_{Hmin72}	(lx)	11,7					
E_{Hm72}	(lx)	17,7					

Úroveň osvětlení 50,5 %



Obrázek 38 Snímky z kamery KO 8 při 50,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 39 Snímky z kamery KO 10 při 50,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 22 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 50,5 %

Úroveň osvětlení 50,5 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H50}	(lx)	13,6	15,4	14,3	10,4	8,2	8,2	10,4	14,3	15,4	13,6
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 1A	(lx)	5,6	12,6	17,1	15,1	11,3	8,7	7,7	6,5	5,2	5,2
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 2A	(lx)	6,3	13,4	17,6	15,3	11,4	8,8	7,7	6,5	5,2	5,6
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 3A	(lx)	5,5	13,5	17,8	15,3	11,4	8,6	7,5	6,4	5,2	6,3
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 1B	(lx)	5,5	12,8	17,1	15,1	11,4	8,7	7,6	6,8	5,4	5,2
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 2B	(lx)	6,4	13,7	17,8	15,5	11,6	8,8	7,6	6,8	5,4	5,5
Kamerová osvětlenost E_{K50} úseku 3B	(lx)	7,8	15,1	18,7	15,8	11,6	8,8	7,6	6,7	5,3	6,4

Tabulka 23 Minimální a průměrné osvětlenosti při 50,5 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin50}	(lx)	5,2	5,2	5,2	5,2	5,4	5,3
E_{Km50}	(lx)	9,5	9,8	9,8	9,6	9,9	10,4
E_{Hmin50}	(lx)	8,2					
E_{Hm50}	(lx)	12,4					

Úroveň osvětlení 35,5 %



Obrázek 40 Snímky z kamery KO 8 při 35,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 41 Snímky z kamery KO 10 při 35,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 24 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 35,5 %

Úroveň osvětlení 35,5 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H35}	(lx)	9,6	10,9	10	7,3	5,8	5,8	7,3	10	10,9	9,6
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 1A	(lx)	3,9	8,8	12	10,6	8	6,1	5,4	4,6	3,7	3,7
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 2A	(lx)	4,4	9,4	12,4	10,8	8	6,2	5,4	4,6	3,7	3,9
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 3A	(lx)	3,9	9,5	12,5	10,8	8	6,1	5,3	4,5	3,6	4,4
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 1B	(lx)	3,9	9	12,1	10,6	8	6,1	5,3	4,8	3,8	3,6
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 2B	(lx)	4,5	9,6	12,5	10,9	8,1	6,2	5,4	4,8	3,8	3,9
Kamerová osvětlenost E_{K35} úseku 3B	(lx)	5,5	10,6	13,2	11,1	8,2	6,2	5,3	4,7	3,7	4,5

Tabulka 25 Minimální a průměrné osvětlenosti při 35,5 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin35}	(lx)	3,7	3,7	3,6	3,6	3,8	3,7
E_{Km35}	(lx)	6,7	6,9	6,9	6,7	7	7,3
E_{Hmin35}	(lx)	5,8					
E_{Hm35}	(lx)	8,7					

Úroveň osvětlení 24,8 %



Obrázek 42 Snímky z kamery KO 8 při 24,8 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 43 Snímky z kamery KO 10 při 24,8 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 26 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 24,8 %

Úroveň osvětlení 24,8 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H25}	(lx)	6,7	7,6	7	5,1	4	4	5,1	7	7,6	6,7
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 1A	(lx)	2,8	6,2	8,4	7,4	5,6	4,3	3,8	3,2	2,6	2,6
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 2A	(lx)	3,1	6,6	8,6	7,5	5,6	4,3	3,8	3,2	2,6	2,8
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 3A	(lx)	2,7	6,6	8,7	7,5	5,6	4,2	3,7	3,1	2,5	3,1
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 1B	(lx)	2,7	6,3	8,4	7,4	5,6	4,3	3,7	3,3	2,7	2,5
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 2B	(lx)	3,2	6,7	8,7	7,6	5,7	4,3	3,8	3,3	2,6	2,7
Kamerová osvětlenost E_{K25} úseku 3B	(lx)	3,8	7,4	9,2	7,8	5,7	4,3	3,7	3,3	2,6	3,2

Tabulka 27 Minimální a průměrné osvětlenosti při 24,8 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin25}	(lx)	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2,6
E_{Km25}	(lx)	4,7	4,8	4,8	4,7	4,9	5,1
E_{Hmin25}	(lx)	4					
E_{Hm25}	(lx)	6,1					

Úroveň osvětlení 17,5 %



Obrázek 44 Snímky z kamery KO 8 při 17,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 45 Snímky z kamery KO 10 při 17,5 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 28 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 17,5 %

Úroveň osvětlení 17,5 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H18}	(lx)	4,7	5,4	4,9	3,6	2,8	2,8	3,6	5	5,4	4,7
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 1A	(lx)	1,9	4,4	5,9	5,2	3,9	3	2,7	2,3	1,8	1,8
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 2A	(lx)	2,2	4,6	6,1	5,3	4	3	2,7	2,2	1,8	1,9
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 3A	(lx)	1,9	4,7	6,2	5,3	4	3	2,6	2,2	1,8	2,2
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 1B	(lx)	1,9	4,4	5,9	5,2	3,9	3	2,6	2,4	1,9	1,8
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 2B	(lx)	2,2	4,7	6,2	5,4	4	3,1	2,6	2,3	1,9	1,9
Kamerová osvětlenost E_{K18} úseku 3B	(lx)	2,7	5,2	6,5	5,5	4	3,1	2,6	2,3	1,8	2,2

Tabulka 29 Minimální a průměrné osvětlenosti při 17,5 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin18}	(lx)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8
E_{Km18}	(lx)	3,3	3,4	3,4	3,3	3,4	3,6
E_{Hmin18}	(lx)	2,8					
E_{Hm18}	(lx)	4,3					

Úroveň osvětlení 12,2 %



Obrázek 46 Snímky z kamery KO 8 při 12,2 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 47 Snímky z kamery KO 10 při 12,2 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 30 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 12,2 %

Úroveň osvětlení 12,2 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenost úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H12}	(lx)	3,3	3,7	3,5	2,5	2	2	2,5	3,5	3,7	3,3
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 1A	(lx)	1,4	3	4,1	3,7	2,7	2,1	1,9	1,6	1,3	1,3
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 2A	(lx)	1,5	3,2	4,2	3,7	2,8	2,1	1,8	1,6	1,3	1,4
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 3A	(lx)	1,3	3,3	4,3	3,7	2,8	2,1	1,8	1,5	1,2	1,5
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 1B	(lx)	1,3	3,1	4,1	3,7	2,7	2,1	1,8	1,6	1,3	1,3
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 2B	(lx)	1,6	3,3	4,3	3,7	2,8	2,1	1,8	1,6	1,3	1,3
Kamerová osvětlenost E_{K12} úseku 3B	(lx)	1,9	3,7	4,5	3,8	2,8	2,1	1,8	1,6	1,3	1,6

Tabulka 31 Minimální a průměrné osvětlenosti při 12,5 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin12}	(lx)	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3
E_{Km12}	(lx)	2,3	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5
E_{Hmin12}	(lx)	2					
E_{Hm12}	(lx)	3					

Úroveň osvětlení 10,1 %



Obrázek 48 Snímky z kamery KO 8 při 10,1 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů



Obrázek 49 Snímky z kamery KO 10 při 10,1 % osvětlenosti. Levý snímek regulace nahoru, pravý snímek regulace dolů

Tabulka 32 Vypočtené hodnoty osvětlenosti při 10,1 %

Úroveň osvětlení 10,1 %											
Pozice	(-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vzdálenost	(m)	0	2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26
Horizontální osvětlenosti úseků											
Horizontální osvětlenost E_{H10}	(lx)	2,7	3,1	2,9	2,1	1,6	1,6	2,1	2,9	3,1	2,7
Kamerové osvětlenosti úseků A											
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 1A	(lx)	1,1	2,5	3,4	3	2,3	1,7	1,5	1,3	1	1
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 2A	(lx)	1,3	2,7	3,5	3,1	2,3	1,8	1,5	1,3	1	1,1
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 3A	(lx)	1,1	2,7	3,6	3,1	2,3	1,7	1,5	1,3	1	1,3
Kamerové osvětlenosti úseků B											
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 1B	(lx)	1,1	2,6	3,4	3	2,3	1,7	1,5	1,4	1,1	1
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 2B	(lx)	1,3	2,7	3,6	3,1	2,3	1,8	1,5	1,4	1,1	1,1
Kamerová osvětlenost E_{K10} úseku 3B	(lx)	1,6	3,0	3,7	3,2	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	1,3

Tabulka 33 Minimální a průměrné osvětlenosti při 10,1 %

Úsek		1A	2A	3A	1B	2B	3B
E_{Kmin10}	(lx)	1	1	1	1	1,1	1,1
E_{Km10}	(lx)	1,9	2	2	1,9	2	2,1
E_{Hmin10}	(lx)	1,6					
E_{Hm10}	(lx)	2,5					

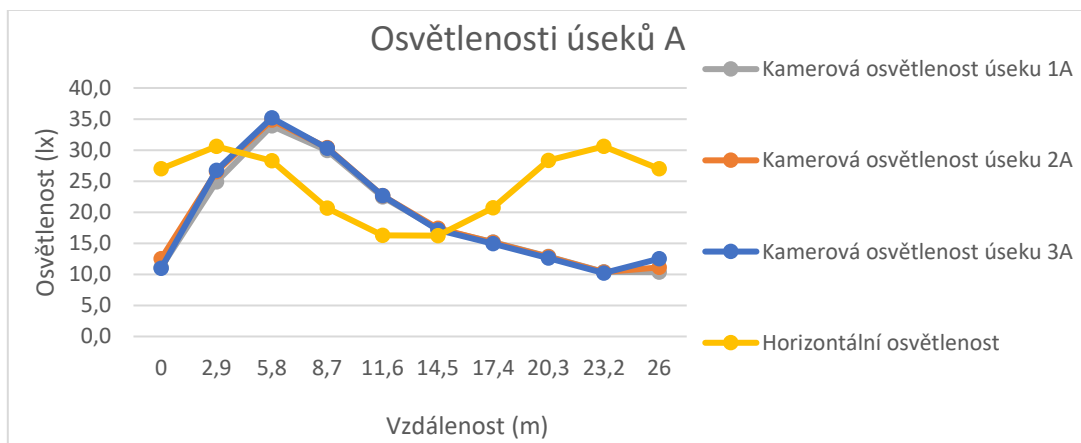
5.5. Vyhodnocení výsledků měření

Pomocí programu Relux byly vypočteny kamerové a horizontální osvětlenosti snímaných referenčních úseků. Každý snímaný úsek byl rozdělen do 10 částí, pro které byla vypočtena průměrná kamerová a horizontální osvětlenost. Výška srovnávací roviny pro výpočet kamerové osvětlenosti byla zvolena 1 m. Pro výpočet horizontální osvětlenosti byla zvolena výška 0 m. Odraznost země ρ byla zvolena dle technické normy TN/59/2020 na 0,25.

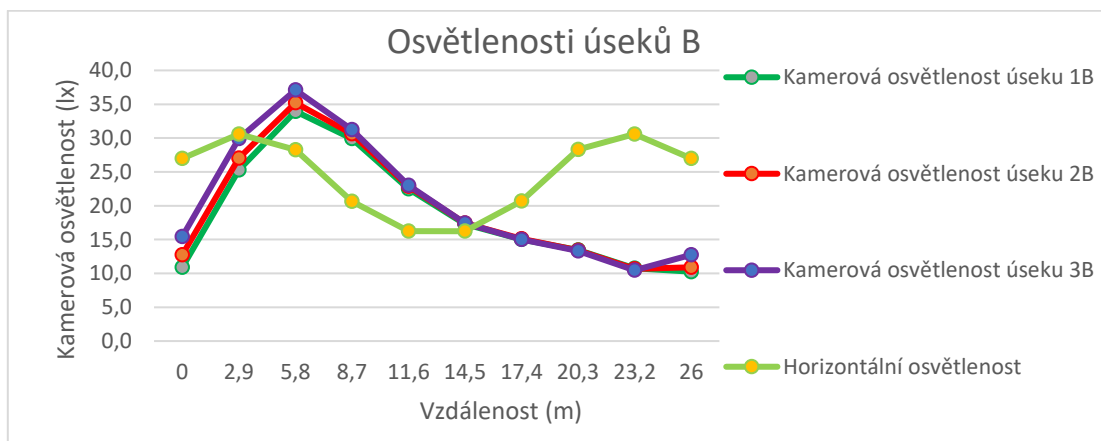
Vyhodnocení snímků při 100 %

Horizontální osvětlenosti všech referenčních úseků se téměř neliší. Nejnižší horizontální osvětlenosti byly vypočteny uprostřed referenčních úseků (pozice 5 a 6), kdy hodnoty dosahovaly $E_{Hmin0} = 16,3$ lx. Naopak nejvyšší horizontální osvětlenosti $E_{Hmax0} = 30,6$ lx byly vypočteny ve vzdálenosti 2,9 m od obou svítidel (pozice 2 a 9). Průměrná osvětlenost úseků poté vyšla $E_{Hm0} = 24,6$ lx. Kamerové osvětlenosti referenčních úseků se liší jen minimálně. Nejnižší kamerové osvětlenosti byly vypočteny v úseku 3A, kde byla nejnižší hodnota $E_{Kmin0} = 10,2$ lx a nejvyšší hodnota $E_{Kmax0} = 35,2$ lx. Průměrná hodnota kamerové osvětlenosti tohoto úseku vyšla $E_{km0} = 19,3$ lx. Rozložení kamerové osvětlenosti podél referenčních úseků bylo ve všech případech totožné. Nejnižší hodnoty kamerové osvětlenosti byly vypočteny pod svítidly (pozice 1 a 10) a také 2,8 m od vzdálenějšího svítidla (pozice 9). Důvodem je nejnižší podíl vertikální složky osvětlenosti. Naopak nejvyšší hodnoty kamerové osvětlenosti byly ve všech úsecích vypočteny ve vzdálenosti 5,8 m (pozice 3). Průběhy osvětlenosti jsou zobrazeny v grafech 2 a 3.

Grafy závislosti osvětlenosti na vzdálenosti pro referenční úseky



Graf 2 Kamerové a horizontální osvětlenosti úseků A v závislosti na vzdálenosti



Graf 3 Kamerová a horizontální osvětlenosti úseků B v závislosti na vzdálenosti

Ze snímků pořízených při osvětlenosti 100 % je patrné, že všechny snímané úseky jsou dostatečně osvětleny pro správnou rozlišitelnost obou kamer a obraz je kvalitně zaostřen na blízké i vzdálené objekty. Ani v jednom případě nedochází k oslnění kamery svítidlem. Na snímku z kamery KO 10 jdou vidět všechny části referenčních úseků a také celý hlídaný perimetr. Ze snímku pořízeným kamerou KO 8 je však patrné, že kamera má znečištěný kryt objektivu, což snižuje viditelnost a možnost zaostření na sledovanou scénu. Ve výhledu kamery KO 8 jsou také nahnuty hromady hlíny, které brání v pozorování hlídané scény. Z těchto důvodů budou kritické detaily videa posuzovány pouze u kamery KO 10.

Porovnání snímků při regulaci osvětlenosti

Pro porovnání kvality záznamu bylo vybráno 8 různých hladin osvětlenosti, a to 100 %, 72 %, 50 %, 35 %, 25 %, 17 %, 12 % a 10 %. Díky dobré adaptaci kamery na změny osvětlenosti byly ve všech případech dodrženy minimální potřebné osvětlenosti pro funkčnost kamery v černobílém režimu. S klesající osvětleností se mírně snižovala také ostrost obrazu a rostla jeho zrnitost. Při snižování osvětlenosti dochází také ke zvýšení jasů pozadí způsobeného adaptací kamery na nižší hladiny osvětlenosti. Do osvětlenosti 35 % je obraz téměř beze změny. U osvětlenosti 25 % a nižších již začínají zadní části hlídané scény pomalu rozmazávat (úsek 1B a okolí) a téměř nejdou rozeznávat snímané předměty jako např. stožáry svítidel nebo konstrukce plotu. V přední části scény lze snímané předměty rozeznávat již při osvětlenosti 10 %.

Snímky stejných hladin osvětlenosti pořízené při regulaci nahoru a dolů se na první pohled kvalitou téměř nemění. Značné rozdíly kvality začínají být viditelné při osvětlenostech 17 % a nižších, kdy měla kamera KO 8 u regulace dolů již problém se zaostřením na hlídanou scénu. Naopak při regulaci nahoru byl obraz (při stejných osvětlenostech) již zaostřen správně.

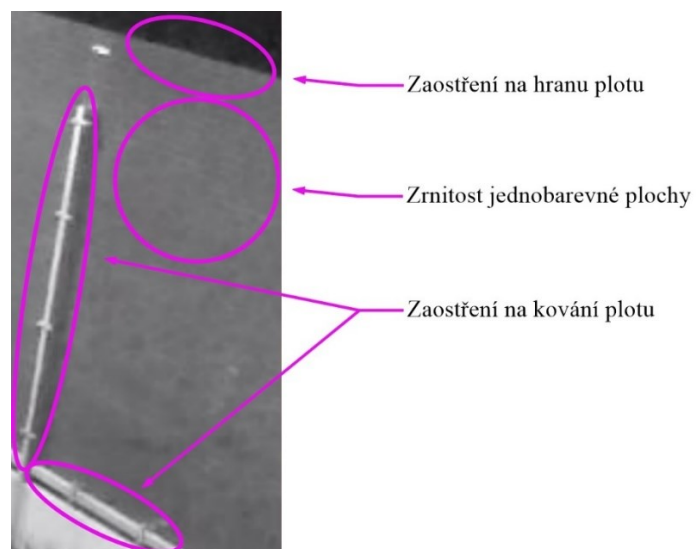
Porovnání detailů na snímcích

Pro vyhodnocení detailů byly vybrány 2 místa hlídaného perimetru, na kterých byly pozorovány změny kvality snímků v důsledku snižování osvětlenosti. Vzdálenější vyhodnocovaná část byla umístěna mezi úseky 1B a 2B, bližší vyhodnocovaná část byla umístěna na konec úseku 3B. Ve zvolených částech scény byly vybrány kritické detaily, na kterých lze nejlépe pozorovat změny kvality obrazu během regulace. Pro zvýšení přehlednosti byly z porovnání vyjmuty hodnoty osvětlenosti 12 % a 72 %.



Obrázek 50 Vyznačení porovnávaných částí scény kamery KO 10

Porovnání bližší části



Obrázek 51 Výběr porovnávaných detailů bližší části perimetru

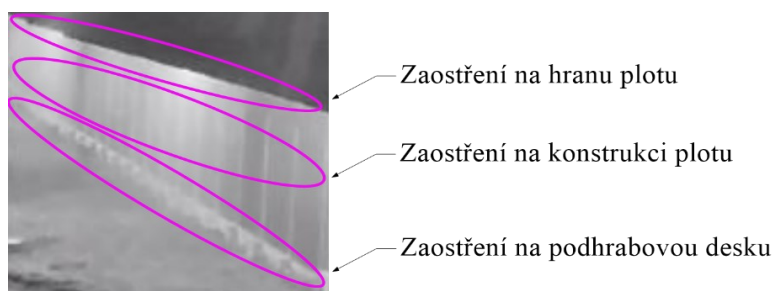


Obrázek 52 Porovnání kvality snímků bližší části plotu při regulaci dolů. Zleva 100 %, 50 %, 35 %, 25 %, 17 %, 10 %.

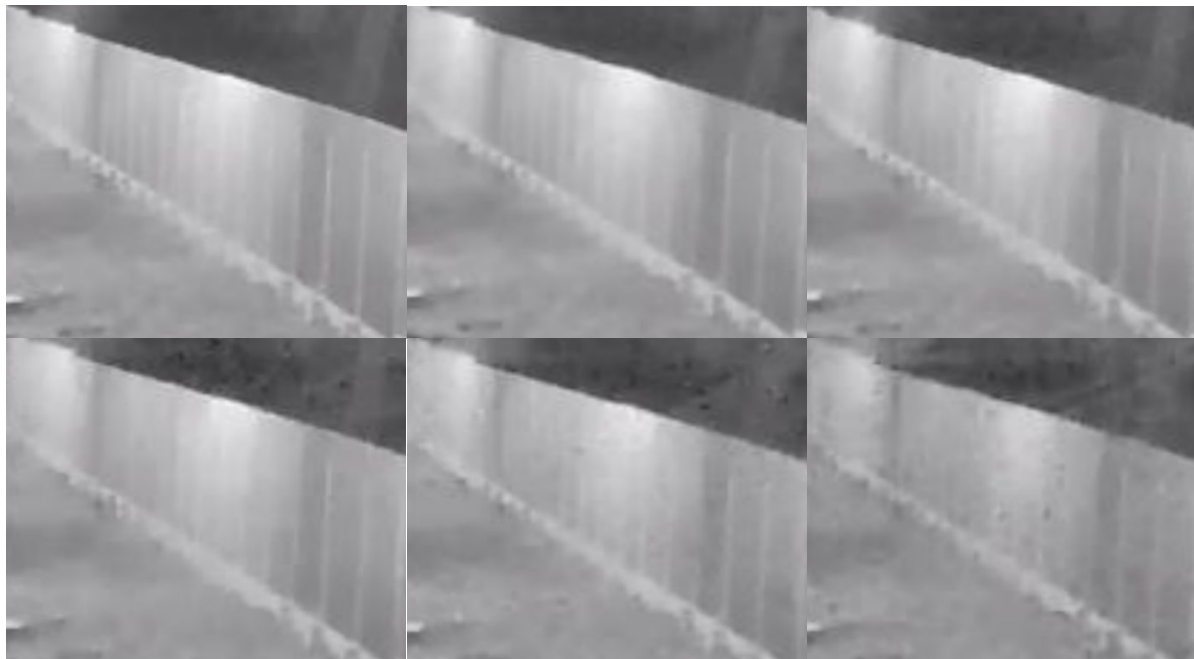


Obrázek 53 Porovnání kvality snímků bližší části plotu při regulaci nahoru. Zleva 100 %, 50 %, 35 %, 25 %, 17 %, 10 %.

Porovnání vzdálenější části



Obrázek 54 Výběr porovnávaných detailů vzdálenější části plotu



Obrázek 55 Porovnání kvality snímků vzdálenější části plotu při regulaci dolů. První řada zleva 100 %, 50 %, 35 %. Druhá řada zleva 25 %, 17 %, 10 %.



Obrázek 56 Porovnání kvality snímků vzdálenější části plotu při regulaci nahoru. První řada zleva 100 %, 50 %, 35 %. Druhá řada zleva 25 %, 17 %, 10 %.

Vyhodnocení kritických detailů

Z podrobného zkoumání snímků vyplývá, že všechny zvolené detaily jsou při regulaci do osvětlenosti 35 % téměř totožné. Při osvětlenosti 25 % u obou částí dochází již k drobnému rozostření všech porovnávaných detailů plotu a také k mírnému nárůstu zrnitosti obrazu. Na snímcích pořízených při osvětlenosti 25 % lze také vidět rozdílnou kvalitu vybraných detailů při regulaci nahoru a dolů. Snímky pořízené při regulaci dolů jsou více zrnité a méně zaostřené na detaily než snímky pořízené při regulaci nahoru. U osvětlenosti 17 % a 10 % lze vidět značné zhoršení kvality obrazu, způsobené větší zrnitostí a problémem zaostřit na sledované detaily. Ztráta kvality obrazu se projevuje zejména v zadních částech scény, kde vlivem větší vzdálenosti dochází k výraznému rozostření všech sledovaných částí plotu a plot v těchto místech téměř splývá se zemí.

Z tohoto vyhodnocení vyplývá, že minimální potřebnou osvětlenost pro dostatečnou funkčnost kamery nelze přesně určit. Tato hladina osvětlenosti je definována úzkým pásmem hystereze kamery, která se pohybuje okolo 25 % původní osvětlenosti. Konečnou hladinu osvětlenosti může také ovlivnit intenzita vyzařování měsíce a okolních soustav veřejného osvětlení.

Vyhodnocení normativních parametrů

Neregulovaná osvětlovací soustava

Při neregulované osvětlenosti všechny úseky splňují normativní požadavky na minimální horizontální a kamerovou osvětlenost dané technickou normou TN/59/2020, uvedené v tabulkách 14 a 15. Referenční úseky splňují také normativní požadavky pro minimální rovnoměrnost U_0 .

$$U_0 = E_{H0min} / E_{H0max} = 16,3 / 30,6 = 0,53$$

Svítlidla použitá pro osvětlení referenčních úseků splňují minimální požadavky na hodnotu indexu podání barev R_a . Výrobce svítidla (typ THORN 96665389 CQ24L70 WS BPS CL1 M42) garantuje $R_a \geq 70$.

Při regulaci hladin osvětlenosti se hodnoty U_0 a R_a nemění, proto již dále nebudou porovnávány.

Regulovaná osvětlovací soustava

Pro dodržení minimální hodnoty kamerové osvětlenosti E_K danou normou TN/59/2020 je možné snížit osvětlenost referenčních úseků na 72 %. Pro tuto hodnotu osvětlenosti byla vypočtena nejnížší průměrná kamerová osvětlenost úseku A1 $E_{Km72} = 13,6$ lx a horizontální osvětlenost $E_{Km72} = 17,7$ xl. Minimální požadavky na horizontální osvětlenost jsou splněny již při 50 %, kdy je horizontální osvětlenost $E_{HM50} = 12,4$ lx. V tomto případě ale již nejsou splněny minimální požadavky na kamerovou osvětlenost, která je v úseku A1 jen $E_{Km50A1} = 9,5$ lx.

5.6. Energetické srovnání regulované a neregulované osvětlovací soustavy

Osvětlení perimetru v rozvodně P 420 kV čítá 46 ks svítidel s jm. příkonem $P_0 = 52 \text{ W}$. Osvětlovací soustava svítí průměrně 4100 hodin ročně. Pro výpočet byla použita cena elektrické energie 1600 Kč/MWh

Neregulovaná osvětlovací soustava

Celkový příkon svítidel:	$46 \cdot 52 = 2392 \text{ W}$
Spotřebovaná energie za jeden rok provozu:	$2392 \cdot 4100 = 9,81 \text{ MWh}$
Náklady na jeden rok provozu:	$9,81 \cdot 1600 = 15696 \text{ Kč/rok}$

Provozní náklady na jeden rok provozu neregulovaného osvětlení perimetru rozvodny P 420 kV jsou 15 696 Kč.

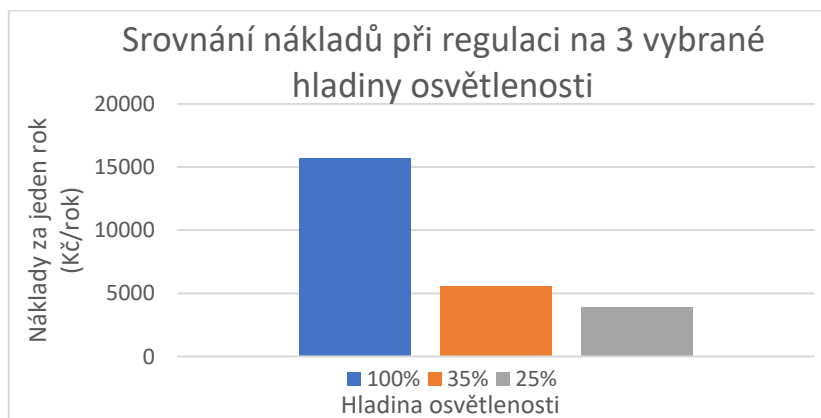
Regulovaná osvětlovací soustava

Osvětlenost 35 %

Spotřebovaná energie za jeden rok provozu:	$2392 \cdot 0,35 \cdot 4100 = 3,43 \text{ MWh}$
Náklady na jeden rok provozu:	$3,43 \cdot 1600 = 5542 \text{ Kč/rok}$
Rozdíl v nákladech za jeden rok:	$15696 - 5542 = 10154 \text{ Kč/rok}$

Osvětlenost 25 %

Spotřebovaná energie za jeden rok provozu:	$2392 \cdot 0,25 \cdot 4100 = 2,45 \text{ MWh}$
Náklady na jeden rok provozu:	$2,45 \cdot 1600 = 3920 \text{ Kč/rok}$
Rozdíl v nákladech za jeden rok:	$15696 - 3920 = 11776 \text{ Kč/rok}$
Rozdíl mezi náklady při 35 % a 25 %:	$5542 - 3920 = 1622 \text{ Kč/rok}$



Graf 4 Srovnání nákladů za jeden rok provozu

Po snížení hladiny osvětlenosti na 35 % klesnou náklady za jeden rok provozu o 10 154 Kč/rok. Při snížení na 25 % náklady klesnou až o 11 774 Kč/rok. Rozdíl mezi náklady u obou regulovaných hodnot činí 1620 Kč/rok.

Z vypočtených hodnot vyplývá, že rozdíl mezi ročními náklady při regulaci osvětlenosti na 25 % a 35 % je zanedbatelný v porovnání s rozdílem kvality záznamu při těchto dvou hladinách osvětlenosti. Po porovnání těchto dvou aspektů, vychází lepe varianta osvětlenosti 35 %, jelikož ekonomické úspory regulace by neměly být upřednostňovány na úkor kvality záznamu.

6. Doporučení pro nastavení řízení hlídacího osvětlení na základě vyhodnocení informací získaných z kamerového systému

Doporučení

Na základě porovnávání naměřených a vypočtených dat lze určit, že minimální hladina osvětlenosti pro dostatečné zaostření kamery při ideální viditelnosti se nachází v pásku hystereze okolo 25 % původní osvětlenosti. Jako ideální hodnota se jeví osvětlenost 35 %, při které je již zajištěna dostatečná rozlišitelnost obrazu a kritických detailů. V tomto případě se průměrná kamerová osvětlenost všech úseků pohybuje od 6,7 do 7,3 lx a průměrná horizontální osvětlenosti je 8,7 lx. Při takto osvětlené ploše dokážou obě kamery pořizovat dostatečně kvalitní záznam v porovnání se záznamem při plné osvětlenosti. Z takto kvalitního záznamu je obsluha kamer schopna ve všech porovnávaných úsecích vizuálně upozorovat narušitele. U nižších úrovní osvětlenosti dochází již k zhoršení kvality záznamu, jako je např. rozmazání obrazu, zrnitost obrazu nebo problém zaostřit na vzdálené detaily. Všechny tyto aspekty jsou nežádoucí, jelikož snižují rozlišovací schopnost kamery.

Pro případy snížené viditelnosti vlivem špatných rozptylových podmínek nebo nepřízní počasí doporučuji provozovat osvětlovací soustavu na vyšších hladinách osvětlenosti než 35 %. Konečná hladina osvětlenosti by měla vycházet z aktuální kvality záznamu. Pro posouzení kvality záznamu bylo vybráno několik kritických detailů v různých vzdálenostech, na kterých lze posuzovat kvalitu aktuálního záznamu. Při zjištění nedostatečné ostrosti kritických detailů doporučuji automaticky zvyšovat hladinu osvětlenosti, dokud nedojde k opětovnému zaostření na kritické detaily (a s tím spojené zlepšení kvality výsledného záznamu) nebo do hladiny osvětlenosti 100 %. Pro zajištění dostatečné kvality záznamu při snížené osvětlenosti doporučuji připočítat rezervu 10 %, aby výsledná osvětlenost byla o něco vyšší, než je minimální potřebná osvětlenost pro zaostření na kritické detaily za daných podmínek. Při osvětlenostech 90 % a více (bez rezervy) doporučuji použít již plnou osvětlenost. Tato rezerva zajistí stabilitu řízení i při malých krátkodobých změnách počasí.

V případě že je osvětlovací soustava nastavená na vyšší hladiny osvětlenosti (nad 35 %) vlivem špatné viditelnosti, doporučuji periodickou kontrolu minimální potřebné osvětlenosti pro zajištění dostatečné ostrosti kritických detailů. Kontrola by měla probíhat postupným snižováním hladiny osvětlenosti. Spodní hranice snižování by měla být dána buďto již zmíněnou optimální doporučenou hladinu osvětlenosti (35 %) nebo ztrátou ostrosti vybraných kritických detailů. V případě ztráty ostrosti kritických detailů vlivem snižování doporučuji opětovné zvýšení osvětlenosti o 10 %. Periodu kontroly přesvětlenosti je možné volit dle potřeby provozovatele. Častější kontroly mají potenciál ušetřit více energie, ale zato mohou působit rušivě na okolní prostředí. Jako ideální perioda kontroly přesvětlenosti se dle mého názoru jeví hodnoty v intervalu od 10 minut do jedné hodiny.

Ruční režim ovládaní doporučuji používat v případě mimořádných situací nebo extrémně nepříznivém počasí.

Pro lepší detekci narušitele dále doporučuji úpravu terénu a vegetace v okolí referenčních úseků a občasnou kontrolu správné průhlednosti objektivu kamer.

Pro ověření ideální doporučené hodnoty osvětlenosti dále doporučuji provést jasovou analýzu zvolených referenčních úseků za přítomnosti osob.

7. Závěr

Předmětem této diplomové práce bylo nastavení řízení osvětlovacích soustav hlídacím osvětlení v rozvodně P společnosti ČEPS, a. s. Pro účely této práce byly pořízeny snímky ze záznamu kamerového systému při různých hladinách osvětlenosti. Z důvodu hystereze snímače byly pro každou hladinu osvětlenosti pořízeny dva snímky. První při zvyšování, druhý při snižování hladiny osvětlenosti. Zvolené hladiny osvětlenosti byly vybrány předem.

Kvalita snímku byla posuzována podle zrnitosti obrazu a ostrosti detailů. Výsledky byly dále porovnávány a vyhodnoceny. Pro zjištění hladin osvětlenosti (horizontální a kamerové) úseků byly vytvořeny dva teoretické modely ve výpočetním programu Relux. Kompletní výsledky vypočtených osvětlenosti jsou uvedeny v příloze. Vypočtené hladiny osvětlenosti byly dále zhodnoceny podle normy TN/59/2020. Pro vytypované úrovně osvětlenosti bylo zpracováno ekonomické zhodnocení regulace. Na základě vyhodnocených světelně-technických a ekonomických dat byla doporučena ideální hladina osvětlenosti pro provoz kamerového systému, která činí 35 % původní osvětlenosti. Tato hodnota je stanovena pro ideální klimatické podmínky. Při zhoršení klimatických podmínek bylo doporučeno nastavení řízení osvětlovací soustavy. Principem řízení je vyhodnocování aktuálních hodnot osvětlenosti z ostrosti vybraných kritických detailů a zrnitosti obrazu. V nastavení je také počítáno s rezervou 10 % (pokud je to možné), která zajistí stabilitu osvětlení i při drobných změnách počasí.

Snížením světelného toku svítidel dojde ke značnému snížení spotřeby elektrické energie. Toto snížení však z ekonomického zhodnocení není tak patrné, jelikož je ve výpočtech počítáno s cenou elektrické energie uváděnou na burzách. Pokud by však takto metoda řízení byla aplikována na soukromou osvětlovací soustavu s běžnými cenami elektrické energie, ekonomické úspory regulace by mohly být až 3krát větší. Ekonomické úspory regulace jsou však až druhořadé. Hlavním důvodem pro řízení hladiny osvětlenosti je snaha o omezení vyzařování do horního poloprostoru.

S příchodem nové generace kamerových systému a světelných zdrojů bude mít tato metoda řízení potenciál k dalšímu rozvoji i do budoucna. Bylo by tak možné ještě více snížit hladiny osvětlenosti a s nimi spojené environmentální dopady umělého osvětlení.

Použité zdroje

- [1] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] ČSN EN 12464-2. Světlo a osvětlení: Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory. 2007.
- [3] TN/59/2020 revize č43: Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS. 2020.
- [4] ROMAN, Denis. Inteligentní veřejné osvětlení Ostrava, 2019. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [5] REMOTE-LAB [online]. [cit 4-1-2021] Dostupné z: <http://remote-lab.fyzika.net/experiment/04/experiment-4-teorie.php?lng=cs>
- [6] Old spsemoh [online]. [cit 2-1-2021] Dostupné z: <http://old.spsemoh.cz/vyuka/zel/diody.htm>
- [7] Dps az [online]. [cit 2-1-2021] Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/soucastky/id:12011/inteligentni-rizeni-led-osvetleni>
- [8] Wireliled [online]. [cit 2-1-2021] Dostupné z: <http://www.wireliled.cz/aplikacni-poznamky/rizeni-led-sestav/>
- [9] Wikipedia [online]. [cit 2-2-2021] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pulzn%C4%9B_%C5%A1%C3%AD%C5%99kov%C3%A1_modulace
- [10] Elkovo-čepelík [online]. [cit 10-1-2021] Dostupné z: <https://www.elkovo-cepelik.cz/stmivani/>
- [11] NEPIVODA, Tomáš. Efektivita inteligentních osvětlovacích soustav Praha, 2018. Diplomová práce ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická.
- [12] LICHÝ, Milan. Optimalizace osvětlovacích soustav a řízení osvětlení Ostrava, 2019. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [13] Elektronicke-systemy [online]. [cit. 20-2-2021]. Dostupné z: <http://elektronicke-systemy.cz/technicke-parametry-kamerovych-systemu>
- [14] KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 978-80-902938-2-3.
- [15] HD systems [online]. [cit. 20-2-2021]. Dostupné z: <https://www.hdsystems.cz/content/17-porovnani>
- [16] Wikipedia [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sn%C3%ADmkov%C3%A1_frekvence
- [17] ŠEBESTA, Jan. Osvětlovací soustavy venkovního osvětlení pracující v součinnosti s kamerovými systémy (ČEPS) Ostrava, 2018. Diplomová práce. VŠB-TUO Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [18] Camera module [online]. [cit. 10-2-2021]. Dostupné z: <http://www.camera-module.com/blog/what-is-low-illumination-for-security-camera.html>
- [19] Hlídací kamery [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <http://www.hlidacikamery.cz/druhy-kamer/>
- [20] Luxreview [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <https://www.luxreview.com/2017/11/24/artificial-intelligence-helps-cctv-turn-night-into-day/>
- [21] Netcam [online]. [cit. 15-3-2021]. Dostupné z: <https://netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/obrazove-snimace-ccd-cmos.php>

- [22] ULRICH, Pavel. Optimalizace kamerových systémů z hlediska jasových poměrů Ostrava, 2014. Diplomová práce. VŠB-TUO Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [23] Techbriefs [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/pub/features/articles/23094>
- [24] TOMEK, Michal Navrhování osvětlovacích soustav veřejného osvětlení v součinnosti s kamerovými systémy Ostrava, 2018. Diplomová práce. VŠB-TUO Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [25] Standardní kamera [online]. Dostupné z: <http://www.antenyprofisat.cz/novinky/cnb-bff-41f-barevna-kamera-700tv1-wdr-napajeni-12vdc.html>
- [26] Caughtoncamera [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <https://www.caughtoncamera.net/news/different-types-of-cctv/>
- [27] 123-cctv [online]. [cit. 5-2-2021]. Dostupné z: <http://www.123-cctv.com/pan-tilt-camera/auto-tracking-outdoor-ptz.html>
- [28] iget [online]. [cit. 10-2-2021]. Dostupné z: <http://www.iget.eu/cs/hgnvk48904-4-kanalovy-hd-rekorder-nwr-4x-barevna-venkovni-hd-kamera-960p-5-minialarmy>
- [29] Caughtoncamera [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <https://www.kamerylevne.cz/rady-a-navody/porovnani-technologie-cctv/>
- [30] Videos cctvcamerapros [online]. [cit. 15-2-2021]. Dostupné z: <https://videos.cctvcamerapros.com/surveillance-systems/what-is-960h-video.html>
- [31] dahuasecurity [online]. [cit. 3-2-2021]. Dostupné z: <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/HDCVI-Cameras>
- [32] dahuasecurity [online]. [cit. 4-2-2021]. Dostupné z: <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/Network-Cameras>
- [33] tssgroup [online]. [cit. 4-2-2021]. Dostupné z: <https://www.tssgroup.sk/aktuality/zaujímavosti/videoanalyticke-funkce-u-kamer-a-zaznamovych-zarizeni-dahua>
- [34] TN/67/2020 revize č. 5. – Technické prostředky fyzické ochrany majetku. 2020.
- [35] Welltech [online]. [cit. 6-2-2021]. Dostupné z: <https://welltech.fi/download.php?id=378>
- [36] Youtube [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=kcvhAdfq-f0>
- [37] Geutebrueck [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: https://shop.geutebrueck.com/us_en/g-st-8000.html
- [39] Geutebrueck [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: <https://geutebrueck.cz/obchod/g-scope-8000-2u/>
- [40] Geutebrueck [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: <https://geutebrueck.cz/obchod/g-view-station/>
- [41] Geutebrueck [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: <https://geutebrueck.cz/obchod/g-view-station/>
- [42] Heureka [online]. [cit. 1-2-2021]. Dostupné z: <https://svitidla.heureka.cz/poradna/jak-vybrat-svitidlo/>
- [43] Vnuf [online]. [cit. 7-2-2021]. Dostupné z: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/18-30-Valenta.html>
- [44] Studie VŠB – Technická univerzita Ostrava. *Posouzení a řešení nočního osvětlení pro bezpečnostní dohled kamer TSFO*, Ostrava, 2013.

Seznam příloh

Priloha_1_osvetlenost_useku_A.rdx

Priloha_1_osvetlenost_useku_A.rdx

Priloha_3_hodnoty_osvetlenost.xlsx